Class Bot Book
Gen

University of Chicago Library

BERLIN COLLECTION

GIVEN BY

MARTIN A. RYERSON
H. H. KOHLSAAT
BYRON L. SMITH
CHAS. L. HUTCHINSON
C. R. CRANE
H. A. RUST
CYRUS H. McCORMICK
A. A. SPRAGUE
C. J. SINGER

Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Allgemeines Gartenbuch.

Ein

Lehr- und Handbuch

für

Gärtner und Gartenfreunde.

Herausgegeben

von

Dr. E. Regel,

Redaktor der Gartenflora, bis jetzt Obergärtner am botanischen Garten und Privatdozent an der Hochschule zu Zürich, nun wissenschaftlicher Direktor des Kaiserlich botanischen Gartens zu St. Petersburg, vieler Naturforscher- und Gartenbau-Gesellschaften Mitglied.

Erster Band.

Mit 92 eingedruckten Holzschnitten.

Zürich,

Druck und Verlag von Friedrich Schultheß.

1855.

Digitized by Google

Die

Pflanze und ihr Leben

in

ihrer Beziehung

zum

praktischen Gartenbau.

Herausgegeben

von

Dr. E. Regel,

Redaktor der Gartenflora, bis jetzt Obergärtner am botanischen Garten und Privatdozent an der Hochschule zu Zürich, nun wissenschaftlicher Direktor des Kaiserlich botanischen Gartens zu St. Petersburg, vieler Naturforscher- und Gartenbau-Gesellschaften Mitglied.

Mit 92 eingedruckten Holzschnitten.

Zürich,

Druck und Verlag von Friedrich Schultheß.

1855.

Digitized by Google

QK45
.R33

Digitized by Google

65787.

Herrn Professor Dr. Oswald Heer

und

Herrn Professor Dr. C. Nägeli

seinen geehrten Freunden

widmet diesen ersten Band

der Verfasser.

Digitized by Google

Wenn es ein einzelner Mann unternimmt, in einem allgemeinen Werke die Erfahrungen seines Lebens niederzulegen, dann ist wohl mehr denn je ein ernster Rückblick in die Vergangenheit gerechtfertiget. Begegne ich da auch mit inniger Freude Männern wie Schrader, Bartling, Treviranus, Klotzsch, Fischer, Sinning und Fr. Otto, die ich mit Dankbarkeit meine Lehrer nenne, — die mich zum Studium wie zur praktischen Bethätigung in meinem Fache gleich sehr begeisterten, so bleibe ich dennoch zuletzt vor den zwei Männern stehen, denen ich diesen Band speziell widme.

Dem ersteren derselben, meinem verehrten Freunde, Ihnen lieber Heer, danke ich es vor allem, daß in dem nun verflossenen Zeitraum von dreizehn Jahren, während dessen ich am Zürcher Garten wirkte, ich meine oft mühsamen Berufsarbeiten stets mit jener innern Freude verrichten

Digitized by Google

konnte, welche auch nach vollendeter körperlichen Arbeit zur geistigen Arbeit befähigt. So mancher Zweifel ward mir von Ihnen gelöst, zu manchem in diesem Werke Niedergelegten legten Sie mit liebenswürdiger Bereitwilligkeit den ersten Keim.

Ihnen aber, mein verehrter und lieber Freund Nägeli, war ich ja schon von der Zeit an bekannt, wo ich begann, die Untersuchung von Florens Schätzen zum Gegenstand aller meiner disponiblen Zeit zu machen. Sie waren es, der später den noch Schwachen stützte, dessen durchdringend scharfer Blick mich klarer denken, die gemachten Erfahrungen ordnen und sichten lehrte.

So empfangen Sie denn beide mit dieser Widmung den Ihnen schuldigen Tribut des innigsten Dankes, eines Dankes, der in mir fortleben wird, ebenso wenig versiegend, wie die Liebe zu dem schönen Studium, dessen Ausbau auch Sie beide zum Zwecke Ihres Lebens gemacht haben.

E. Regel.

Digitized by Google

Vorrede.

Nur wenige Worte wollen wir diesem Werke vorausſenden, welches ſeinem Plane nach das ganze Gebiet der Gärtnerei umfaſſen ſoll.

In Zeit von ein bis zwei Jahren wird je der folgende Band erſcheinen, und jeder dieſer Bände ſoll ſo viel als möglich ein in ſich abgeſchloſſenes Ganzes enthalten.

Bei der zahlloſen Menge von Gartenbüchern aller Art beſitzen wir dennoch gegenwärtig kein einziges, welches ſich auf den von der Wiſſenſchaft feſtgeſtellten, einzig ſichern Boden ſtellt und von ihm aus alle jene im Bereiche des Gartenbaues vorkommenden Arbeiten beſpricht. Wohl beſitzen wir in dieſer Beziehung das vortreffliche Werk Lindley's (Theorie der Gärtnerei), allein dieſes gibt nur das Allgemeinſte und iſt gegenwärtig durch die Maſſe von neuen Entdeckungen bereits wieder veraltet. Auch ſetzt es das Studium der Botanik und der verwandten Wiſſenſchaften nach andern Lehrbüchern voraus.

Zweck dieſes Werkes iſt es dagegen, dem angehenden Gärtner, ſowie dem Gartenfreund ein Buch in die Hand zu geben, in welchem er ſich in allen die Praxis wie die Theorie betreffenden Richtungen des Gartenbaues Raths erholen kann, in welchem er ſich über den Grund, weßhalb er die einzelnen Manipulationen und Arbeiten, die Vorbereitung des Bodens und der Lokalitäten, die Pflege und Wartung ꝛc. gerade ſo und nicht anders vornehmen muß, belehren kann. Aus dieſem Geſichtspunkte entſprang der hier vorliegende erſte Theil. Wir haben in dieſem Theile zunächſt eine kurze Beſchreibung und Geſtaltenlehre der entwickelten Pflanze gegeben, darauf das Wichtigſte über den innern Bau der Pflanze folgen laſſen und ſind endlich zu einer Darſtellung der Lebensverhältniſſe der Pflanze übergegangen, woraus wir die für die Pflanzenkultur wichtigſten Regeln abgeleitet haben.

Bei der Darſtellung dieſer Verhältniſſe ſind wir ſtets den Anſichten gefolgt, welche wir zu den unſerigen gemacht. Da aber der Menſch in der kurzen ihm zur Arbeit zugemeſſenen Zeit gegenwärtig unmöglich alle

*

Digitized by Google

Theile der Naturwissenschaften gleichmäßig umfassen kann, haben wir es uns zur Pflicht gemacht, uns überall da, wo es gehörige Vorarbeiten möglich machten, an die nach unserer speziellen Ueberzeugung tüchtigsten Leistungen in den verschiedenen Gebieten anzuschließen, ohne dabei den Standpunkt, den wir als Gärtner einnehmen, außer Acht zu lassen und also eine selbstständige Stellung aufzugeben.

Die Wissenschaft hat erst in unserm Zeitalter, wo sie bemüht ist, sich an das Leben anzuschließen, ihre Entdeckungen zum Gemeingut aller zu machen und dadurch wesentlich auf das praktische Leben zurückzuwirken, ihre ganze Bedeutung erhalten. Im höchsten Grade ist dieß gerade bei den Naturwissenschaften der Fall. Wenn daher die Vereinbarung der Ergebnisse der Praxis auch einen bestimmten rückwirkenden Werth auf die Wissenschaft hat, so hoffen wir, daß das vorliegende Werk, welches dieses gerade im höchsten Grade anzustreben sucht, auch für die Wissenschaft von einiger Bedeutung ist.

Wenn dennoch aber unser unabläßiges Streben, in dieser Beziehung nur Wahrheit zu suchen, in einzelnen Richtungen einen Mißgriff gemacht haben sollte, so wird der Verfasser der erste sein, der dieß anerkennt. Jene traurige Konsequenz, welche auch an dem Irrthum festhält, ist uns durchaus fremd. Wir fühlen uns bei der Uebernahme eines so weitschichtigen Werkes doppelt gedrungen, dieß auszusprechen, da wir schon in diesem ersten Bande auf so manche noch ungelöste Frage gestoßen sind, zu deren gründlicher Beantwortung vielleicht erst das vorliegende Werk einen Anstoß gibt.

Die folgenden Bände werden sich mehr nur im Gebiete der praktischen Erfahrungen bewegen und zunächst die für alle Zweige des Gartenbaues allgemein gültigen Kulturregeln besprechen, um dann auf die einzelnen Gebiete des praktischen Gartenbaues speziell einzutreten.

Wenn gleich der Unterzeichnete, durch die hohe Gnade Sr. Erlaucht, des Herrn Ministers Grafen von Peroffsky, an einen größeren Wirkungskreis berufen, seinen bisherigen Wohnort verläßt, so wird dieß das Erscheinen der folgenden Bände keineswegs verzögern.

Zürich, den 16. Juli 1855.

Der Verfasser.

Digitized by Google

Systematische Uebersicht

des Inhaltes des ersten Bandes.

Seite

Allgemeine Einleitung 3

Erste Abtheilung. Die Pflanzen, deren Organe und Leben.

Begriff der Pflanze als Einleitung . . . . . 4—5

Erste Unterabtheilung. Theile der entwickelten Pflanze. Morphologie 5—53

Formen der Wurzel . . . . . 6—7

Formen des Stengels . . . . . 7—12

Das Blatt . . . . . 12—21

1. Stellungsverhältnisse des Blattes . . . . . 12—14

2. Theile des Blattes . . . . . 14—16

3. Form und Zusammensetzung des Blattes . . . . . 16—18

4. Consistenz, Dauer, Färbung, Oberfläche und Bekleidung des Blattes 18—19

5. Morphologie des Blattes . . . . . 19—21

Die Knospe . . . . . 21—22

Die Blüthe . . . . . 22—23

1. Der Blüthenstand . . . . . 23—27

2. Die Blüthenblattkreise und deren Stellung . . . . . 27—28

3. Der Kelch . . . . . 28—32

a. Das kelchartige Perigon und nackte Blumen . . . . 30—32

b. Das blumenkronenartige Perigon 32

4. Die Blumenkrone . . . . . 32—35

5. Die Staubfäden . . . . . 35—38

6. Der Stempel oder die Fruchtblätter . . . . . 38—43

7. Die Frucht . . . . . 43—47

8. Der Same . . . . . 48—51

9. Organe der Kryptogamen . . . . . 51—53

Zweite Unterabtheilung. Innerer Bau der Pflanzen oder Pflanzenanatomie . . . . . 53—94

Erstes Kapitel. Zusammensetzung der Pflanze. Die Zelle, deren Bildungsstufen und Größe . . . . . 53—55

Zweites Kapitel. Zellmembran und deren Bau . . . . . 55—59

Drittes Kapitel. Gefäße und deren Formen . . . . . 59—61

Viertes Kapitel. Verbindung der Zellen zum Gewebe . . . . 61—64

Fünftes Kapitel. Gefäßbündel . . . . . 64—66

Sechstes Kapitel. Die zusammengesetzten Organe und deren innerer Bau 66—83

a. Bau der blüthenlosen Zellenpflanzen . . . . . 66—71

b. Bau der Oberhaut oder Epidermis . . . . . 71—73

c. Bau des Stammes und der Wurzel . . . . . 73—78

d. Bau der Blatt- und Befruchtungsorgane . . . . . 78—83

Siebentes Kapitel. Inhalt der Zellen und die vorzüglichsten Pflanzenstoffe 83—94

Dritte Unterabtheilung. Die Lebenserscheinungen in der Pflanzenwelt oder die Physiologie der Gewächse in ihrer Beziehung zu Land- und Gartenbau . . . . . 94—422

Digitized by Google

Seite.

Erster Abschnitt. Ursache der Lebenserscheinungen, Zellenleben und Aufbau der Pflanze aus Zellen . . . . . 94—110
Erstes Kapitel. Einleitung . . . . . 94—100
§ 1. Die Lebenskraft . . . . . 94—100
Zweites Kapitel. Das Zellenleben . . . . . 100—106
§ 2. Zellbildung . . . . . 100—104
§ 3. Thätigkeit der Zelle als abgeschlossener Organismus . . . 104—105
§ 4. Lebensverrichtung der Zelle in Verbindung mit anderen Zellen . 105—106
Drittes Kapitel. Entwickelung der Pflanzen . . . . . 106—111
§ 5. Aufbau der Pflanze aus Zellen und Organen zum Individuum, der Art, dem Pflanzenreich . . . . . 106—110
Zweiter Abschnitt Die Lebenserscheinungen im Pflanzenorganismus, in ihrer Beziehung zur Ernährung, Verarbeitung und Bildung von Stoffen. Hortikulturchemie . . . . . 111—259
Erstes Kapitel. Die Ernährung der Pflanzen . . . . . 111—231
§ 6. Einleitung . . . . . 111—112
Erste Abtheilung. Aufnahme der Nahrungsstoffe . . . . . 112—170
§ 7. Spezielle Einleitung . . . . . 112—113
§ 8. Die einfachen Grundstoffe, welche den Pflanzenkörper bilden, und deren Eigenschaften . . . . . 113—122
§ 9. Die Verbindungen, in denen die einfachen Grundstoffe in die Pflanze übertreten, und die Gesetze, durch welche deren Aufnahme bedingt wird 122—128
§ 10. Die Gesetze, unter welchen die Aufnahme von Nahrung stattfindet, oder die Endosmose und Exosmose . . . . . 129—130
§ 11. Wasser, Luft, Boden in ihrer Beziehung zur Ernährung der Pflanzen 130—165
a. Das Wasser als Nahrstoff . . . . . 130—137
b. Die Luft, deren Einfluß auf Ernährung und Erhaltung der Pflanzen 137—139
c Der Boden als Träger von Pflanzennahrung . . . . . 139—165
1. Entstehung des Kulturbodens 140
2. Entstehung der Humusschichten . . . . . 140—142
3. Eigenschaft des Humus in Bezug auf Pflanzennahrung . . 142—146
4. Eigenschaften des Bodens, die denselben zur Kultur befähigen . 146—148
5. Einbringung der dem Boden fehlenden Stoffe . . . . 148—157
6. Die besondern Eigenschaften der Pflanzen in Bezug auf Bodenmischung 157—165
§ 12. Geschichtliches über Ernährung der Pflanzen . . . . 165—170
Zweite Abtheilung. Aufnahme wässeriger Nahrung und Verrichtung der Wurzel . . . . . 170—194
§ 13. Aufnahme wässeriger Nahrung überhaupt durch Wurzel und Blätter 170—173
§ 14. Theile der Wurzeln, welche die Aufnahme vermitteln . . . 173—176
§ 15. Funktionen der Luftwurzeln und Ernährung der Epiphyten . . 176—181
§ 16. Parasiten und Wachsthum ohne Wurzeln . . . . . 181—189
§ 17. Auswahl von Stoffen durch die Wurzel . . . . . 189—191
§ 18. Ausscheidungen von Stoffen durch die Wurzel . . . . 191—194
Dritte Abtheilung. Funktionen der Blätter und grünen Pflanzentheile 194—231
§ 19. Das Verhältniß derselben zur umgebenden Luft und zur Aufnahme durch die Wurzel . . . . . 194—196
§ 20. Der Verdunstungsprozeß oder Abgabe der Blätter an Wasser . 196—206
§ 21. Austausch von Gasen mit der atmosphärischen Luft oder Athmungsprozeß der Blätter . . . . . 206—231
A. Aufnahme von Kohlensäure im Lichte . . . . . 207—219
1. Welche Organe vermitteln den Austausch der Gase . . . 208—209
2. Wie verhält sich die Aufnahme von Kohlensäure zur Abgabe von Kohlensäure in quantitativer Beziehung . . . . . 209—211
3. Wie verhält sich die Aufnahme von Kohlensäure zur Abgabe von Sauerstoff und wie zum Mischungsverhältniß des letzteren mit der atmosphärischen Luft . . . . . 211—212

Digitized by Google

Seite

4. Wozu verwendet die Pflanze die aufgenommene Kohlensäure, und woher nimmt sie den ausgeschiedenen Sauerstoff . . . . 212—216
5. Woher stammt das mit dem ausgeschiedenen Sauerstoff austretende Stickgas, und vermag die Pflanze Stickgas zu fixiren . . 216—219

B. Aufnahme von Sauerstoff . . . . . 219—225

1. Wie verhält sich die Aufnahme von Sauerstoff zur Abgabe von Kohlensäure und wie verhalten sich die verschiedenen Pflanzen in dieser Beziehung. Welchen Einfluß zeigt zerstreutes Licht . . . 219—221
2. Wozu dient der aufgenommene Sauerstoff, woher kommt die ausgeschiedene Kohlensäure, und welchen Einfluß übt der Sauerstoff überhaupt auf die Pflanze . . . . . 221—222
3. Wie verhalten sich nur auf Aufnahme von Sauerstoff angewiesene Pflanzen, wie nicht grün gefärbte Pflanzen und absterbende Pflanzentheile, und ist der Stoffwechsel ein Akt des Lebens . . . . 223—225

C. Schlüsse für den praktischen Gartenbau aus den mit dem Gasaustausch in Verbindung stehenden Erscheinungen . . . . . 226—231

Zweites Kapitel. Verbreitung, Veränderung, Verarbeitung und Ablagerung der aufgenommenen Stoffe in der Pflanze . . . . 231—258

§ 22. Das Aufsteigen des Saftes . . . . . 231—243
a. Vertheilung der von Außen aufgenommenen Flüssigkeit . . . 231
b. Der Weg, den der Saftstrom in den höhern Pflanzen nimmt . 231—236
c. Elementarorgane, welche die Saftführung vermitteln . . . 236—238
d. Aufsteigen des Saftes zur Zeit des Austreibens der Knospe . 238—240
e. Aufsteigen des Saftes zur Zeit der Verarbeitung der Säfte . 240—242
f. Das Verhältniß, in dem die Saftbewegung zur Lebenskraft steht . 242—243
§ 23. Veränderung und Assimilation des aufgenommenen Nahrungssaftes 243—245
§ 24. Wachsthum durch Stamm, Wurzel und Blatt . . . . . 245—258
a. Wachsthum im Allgemeinen . . . . . 245—246
b. Spitzenwachsthum oder Sitz des Wachsthums . . . . . 246—247
c. Wachsthum des Stammes durch Anlagerung neuer Holzschichten . 247—250
d. Seitliche Verästelung des Achsengebildes . . . . . 250—252
e. Anwendung auf die Praxis . . . . . 252—259

Dritter Abschnitt. Die Lebenserscheinungen des Pflanzenorganismus in Beziehung auf Periodizität, Ablagerung von Stoffen, Wärme- und Lichtentwickelung, Bewegungserscheinungen und Mißbildungen der Pflanzen . . . . . 259—307

§ 25. Perioden des Wachsthums und der Ruhe . . . . . 259—278
a. Allgemeines 259
b. Tägliche Wachsthumsperioden . . . . . 259—260
c. Die jährlichen Wachsthumsperioden der Pflanzen unserer Zonen . 260—269
1. Periode der Entwickelung des ersten Triebes . . . . 260—261
2. Periode des Wachsthums . . . . . 261—263
3. Periode der Fruchtreife und Vorbildung von Knospen . . 263—267
4. Ruhezeit und Ablagerung von Reservenahrung . . . . 267—269
d. Verhalten der Pflanzen anderer Länder in Bezug auf Vegetationsperioden. Verhalten fremder Pflanzen unter andern Himmelsstrichen . . 269—273
e. Lehren, welche die Praxis aus den Vegetationsperioden geschöpft hat 273—278
1. Verpflanzen und Schnitt . . . . . 273—275
2. Treiberei und künstliche Veränderung der Vegetationsperioden . 275—277
3. Einfluß auf Versendung . . . . . 277—278
§ 26. Bildung von Secreten . . . . . 278—282
§ 27. Bildung von Farben . . . . . 282—288
§ 28. Wärmeentwickelung . . . . . 288—291
§ 29. Lichtentwickelung . . . . . 291—292
§ 30. Bewegungserscheinungen an ganzen Pflanzen und Pflanzentheilen 292—300
§ 31. Mißbildungen und Monstrositäten . . . . . 300—307

Digitized by Google

	Seite
Vierter Abschnitt. Fortpflanzung, Dauer und Tod der Pflanze	308—422
Erstes Kapitel. Einleitung	308—316
§ 32. Fortpflanzung im Allgemeinen	308—309
§ 33. Geschlechtliche und ungeschlechtliche Fortpflanzung in ihrer Beziehung zum Gartenbau	309—316
Zweites Kapitel. Die ungeschlechtliche Fortpflanzung	316—372
§ 34. Durch Keimzellen und Brutkörner	316—317
§ 35. Die Knospe als Organ der Fortpflanzung der höheren Gewächse	317—324
§ 36. Vermehrung durch selbstständige Knospengebilde, durch Wurzeln und Theilung des Wurzelstockes	324—331
§ 37. Vermehrung durch Absenker	331—333
§ 38. Vermehrung durch Stecklinge	333—353
A. Allgemeine Regeln für alle Arten von Stecklingen	334—347
a. Bewurzelung	334—336
b. Wahl, Schnitt und Behandlung des Stecklings	336—343
c. Der Steckling in seiner Beziehung zu Wasser und Boden	343—347
B. Vermehrung durch Steckholz	347
C. Vermehrung durch beblätterte Stecklinge	347—351
D. Vermehrung durch Blattstecklinge	351—353
§ 39. Vermehrung durch Veredlung	353—372
A. Allgemeine Regeln bei Ausführung der Veredlungen	354—359
B. Die verschiedenen Methoden der Veredlung	359—372
1. Das Absäugen oder Ablaktiren	359—360
2. Das Kopuliren oder Anplatten	360—361
3. Das Pfropfen in den Spalt	361—362
4. Das Anlegen oder Pfropfen in die Seite	362—363
5. Das Pfropfen in die Rinde	363
6. Das Aeugeln, Okuliren oder Pfropfen mit beholztem Schild	363—365
7. Anwendung der verschiedenen Veredlungsarten	365—367
C. Veredlung in ihrer Beziehung zum Wildling und Einwirkung von Wildling und Edelreis auf einander	367—372
Drittes Kapitel. Die geschlechtliche Fortpflanzung	372—422
§ 40. Geschlechtliche Entwickelung der Ansichten über das Geschlecht der Pflanzen	372—374
§ 41. Die Befruchtung oder Zeugung des Samens bei den Mono- und Dicotyledonen	374—382
§ 42. Befruchtung der Coniferen und Cycadeen	382—386
§ 43. Befruchtung der Farrenkräuter und Schachthalme	386—388
§ 44. Befruchtung der Selaginellen und Wurzelfarren	388—393
§ 45. Die geschlechtlichen Fortpflanzungsorgane der übrigen Cryptogamen	393—395
§ 46. Erscheinungen, welche den Befruchtungsakt begleiten, Mittel, deren sich die Natur bedient, die Befruchtung zu erleichtern, und künstliche Befruchtung	395—403
A. Erscheinungen, welche den Befruchtungsakt begleiten	395—398
B. Einrichtungen, deren sich die Natur zur Erleichterung der Befruchtung bedient	398—401
C. Künstliche Befruchtungen	401—403
§ 47. Pflanzenbastarde und deren Bedeutung für die systematische Botanik und Gärtnerei	404—418
§ 48. Samenbildung ohne Befruchtung	418—419
Viertes Kapitel. Die Lebensdauer der Pflanzen	420—422
§ 49. Der Tod der Pflanze	420—422

Digitized by Google

Erſter Theil.

Die Pflanze und ihr Leben

in

ihrer Beziehung

zum

praktiſchen Gartenbau.

Digitized by Google

Digitized by Google

Allgemeine Einleitung.

Die Gärtnerei umfaßt im strengsten Sinne lediglich jenen Theil des durch praktische Versuche gewonnenen Wissens, welches die Pflege, Fortpflanzung und Verbesserung der Nutz- und Zierpflanzen, so wie die Regeln in sich begreift, nach denen diese im Küchen-, Obst- und Blumengarten, sowie in größeren Anlagen gruppirt werden müssen. Im weitern Sinne umfaßt sie aber auch alle die verwandten Naturwissenschaften insoweit, als durch Kenntniß derselben die Erscheinungen, welche der Gärtner täglich vor Augen sieht, erklärt, und aus ihnen allgemeine Regeln für die Kultur der Gewächse abgeleitet werden können.

Hiernach zerfällt die Gärtnerei in wissenschaftliche und praktische Gärtnerei, und die letztere wieder in den Gartenbau (Kultur der Zier- und Nutzpflanzen) und die Gartenkunst (Anlage von größeren und kleineren Gärten).

Die Wissenschaft oder Theorie der Gärtnerei bildet daher die erste Hauptabtheilung dieses Werkes. Sie soll den Leser in die Kenntniß des Baues und der Lebensverhältnisse der Pflanzen einführen und denselben in Bezug auf Gärtnerei auf einen Standpunkt zu führen trachten, von dem aus er auch die Gründe der gewöhnlichsten Manipulationen erkennen kann, sowie Aufschluß gegeben werden soll, auf welche Weise, ohne im Dunkeln umherzutappen, die Versuche über die verschiedenartigsten Gegenstände aus dem Bereich der Gärtnerei einzuleiten sind.

Das vorliegende Werk setzt nur die allgemeinsten Kenntnisse in der Pflanzenkunde und in den verwandten Wissenschaften voraus; es trachtet darnach, von Allem was nothwendig, das Nothwendigste zu geben. Erschöpfende Behandlung der einzelnen Parthieen ist freilich nicht möglich, denn sonst würde schon die erste Abtheilung dieses Werkes zu einem so großen Umfange anschwellen, wie ihn kaum das ganze Werk erhalten darf. Dagegen hoffen wir auf der andern Seite, durch die Art der Behandlung des kaum zu bewältigenden Stoffes Oberflächlichkeit ausgeschlossen zu haben.

Digitized by Google

Erste Abtheilung.

Die Pflanzen, deren Organe und Leben.

Begriff der Pflanze als Einleitung.

Die gesammten Naturkörper, die sich auf unserer Erde finden, theilt man in Mineralien, Pflanzen, Thiere. So leicht es nun auch scheinen dürfte, wenn man die höher organisirten Einzelwesen dieser drei Reiche mit einander vergleicht, eine Begriffsbestimmung zu geben, welche dieselben leicht und sicher von einander scheidet, so schwierig wird dieß, wenn dabei alle die niedrigsten Formen mit berücksichtigt werden müssen, welche wegen ihrer Kleinheit der Beobachtung nur mittelst starker Vergrößerungen unterworfen werden können. Wenn wir daher die Pflanzen überhaupt dadurch von den Thieren unterscheiden, daß sie nach unten, dem Boden zugerichtet, Wurzeln entwickeln, mit denen sie sich in ihrer unmittelbaren Umgebung festsaugen, nach oben aber (in der Richtung gegen den Zenith) Stengel, Blätter und Früchte entwickeln, daß sie ihre Nahrung nur aus der unmittelbaren Umgebung mittelst der Wurzel zu sich nehmen und jeder freiwilligen Bewegung gänzlich entbehren, so gilt dieß eben nur von den höher entwickelten Pflanzen, mit denen wir uns vorzugsweise beschäftigen werden.

Ideell unterscheidet man die Pflanzen bis zu ihren niedrigsten Formen durch den Mangel des Nervensystems von den Thieren, durch welches den letztern die willkürliche Bewegung und Empfindung verliehen wird; empirisch läßt sich aber freilich das Dasein der Nerven bei den niedern Thierformen nicht nachweisen. Eben so unsicher ist das Dasein der Mundöffnung der Thiere, mittelst deren diese die Nahrung zu sich nehmen, während die Pflanzen nur gelöste Stoffe mittelst Durchschwitzens durch die Wandungen ihres Gewebes aufnehmen, denn es gibt wahrscheinlich auch eine Zahl kleiner Infusorien, die auf eine ähnliche Ernährung angewiesen sind.

Sind nun auch noch keine Unterschiede gefunden, durch welche niedrige Pflanzen- und Thierformen leicht und sicher unterschieden werden können, so ist doch so viel sicher, daß zwischen beiden Reichen sehr bestimmte Grenzen gezogen sind und daß von einem Uebergehen des einen Reichs in das andere, wie dieß von vielen Naturforschern angenommen wird, durchaus nicht die Rede sein kann.

Digitized by Google

Bei Betrachtung der entwickelten Pflanzen müßten wir, wenn wir streng logisch verfahren wollten, aus den einfachsten Organen des Gewebes der Pflanzen die Pflanze allmälig aufbauen. Wir müßten uns demgemäß zunächst mit dem innern Bau der Gewächse (der Anatomie) beschäftigen, dann die einzelnen Theile der entwickelten Pflanze und deren Verhältniß zu einander (Morphologie) kennen lernen, um hierauf zu den Lebensverrichtungen der einfachen und zusammengesetzten Organe (Physiologie) fortzuschreiten, und endlich die Pflanze in ihrem Verhältniß zum Pflanzenreich (Systemkunde), sowie hinsichtlich ihrer Verbreitung auf der Erde (Pflanzengeographie), hinsichtlich des Bodens, den sie bewohnt (Bodenkunde) und in Bezug auf die äußern Medien, die sie umgeben (Lehre von den äußern Einflüssen), zu betrachten, bevor wir in den folgenden Bänden zu der eigentlich praktischen Gärtnerei übergehen könnten. Da es nun aber Zweck dieses Werkes ist, den Leser in die Wissenschaft nur so weit einzuführen, als dieß, um die praktischen Arbeiten der Gärtnerei, sowie die mannigfaltigen Erscheinungen des Pflanzenlebens auf allgemeine Regeln zurückzuführen, nothwendig ist, so werden wir mit der Kenntniß der schon mit unbewaffnetem Auge erkennbaren Theile der entwickelten Pflanze, der Morphologie, beginnen, dann zur Anatomie und Physiologie ꝛc. weiter gehen und die Systemkunde in der Abtheilung dieses Werkes behandeln, welche die spezielle Aufzählung der kultivirten Pflanzen und deren Kultur umfassen wird.

Erste Unterabtheilung.

Theile der entwickelten Pflanze. Morphologie.

Alle Pflanzen, sie mögen nun auf einer sehr niedrigen Stufe der Ausbildung stehen oder sich zu den am höchsten organisirten Formen entwickeln, entstehen aus einem kleinen Bläschen, das nur mit Hülfe starker Vergrößerungen wahrgenommen werden kann und den Namen Zelle führt. Es gibt Pflanzen, die in diesem Zustande beharren, wie z. B. die Gährungspilze. Die große Mehrzahl der Pflanzen besteht aber aus vielen solcher verschiedenartig gestalteter Zellen, die den Namen Elementarorgane führen und deren Vereinigung zum Gewebe Zellgewebe genannt wird.

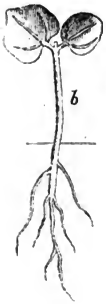
Dieses Zellgewebe tritt nun in bestimmte Formen zusammen und daraus entstehen zunächst für sich abgeschlossene Theile der entwickelten Pflanze. Letztere bilden die durch Form und Funktion verschiedenen Organe der Pflanze.

Die einfachsten Pflanzenformen zeigen nur ein vegetatives Organ, das Lager; an den höher organisirten unterscheidet man zunächst ein Achsengebilde und dessen Seitenorgane.

Das Lager oder Thallus ist gleichsam das einfachste Achsengebilde; es ist in fadenförmige, haut-, krusten- oder laubartige Gebilde ausgebreitet, oder geht in stengel-, strauch- und wurzelförmige Fortsätze

Digitized by Google

Fig. 1.

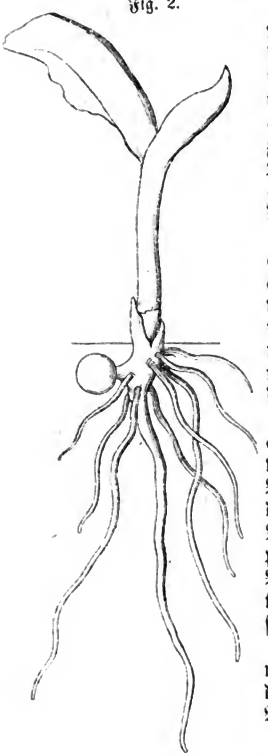


aus und trägt die Fortpflanzungsorgane, die Brutkörner, Keimkörner und Keimbehälter, Bildungen, auf die wir hier nicht näher eintreten können.

Das Achsengebilde der höher organisirten Pflanzen scheidet sich in den abwärts wachsenden Theil, die Wurzel, und den aufwärts nach dem Zenith strebenden Theil, den Stengel. Am jungen Keimpflänzchen (siehe Fig. 1 und Fig. 2) lassen sich beide Theile am leichtesten unterscheiden. In spätern Entwickelungsperioden sind Wurzel und Stengelformen oft nicht mehr so leicht zu unterscheiden, da Erstere später zuweilen zur Letztern wird und es ferner auch viele unterirdische Stengelformen gibt.

1. Die Wurzel.

Fig. 2.



Die Wurzel ist der dem Boden zu wachsende Theil der Pflanze, mittelst derer die Pflanze die Nahrung aufnimmt. Sie fehlt nur den niedrigsten Lagerpflanzen und ist schon bei den höhern Formen derselben als Wurzelende, oder in Form von Warzen, Haaren ꝛc. angedeutet. Bei den Achsenpflanzen breitet sich die Wurzel im Boden gemeiniglich in eben dem Grade aus, als die oberirdischen Theile der Pflanze zunehmen.

In Bezug auf ihre Verästelung bleibt entweder die erste Wurzel des jungen Pflänzchens (Fig. 1) als Haupt- oder Pfahlwurzel und bildet Wurzeläste, deren feinste Verästelungen Wurzelfasern genannt werden. Die letztern sind oft noch mit einfachen haarförmigen Verästelungen, den Wurzelhaaren, dicht besetzt.

Nicht minder häufig entspringen aber an der jungen Keimpflanze, an der Stelle, wo Wurzel und Stengel sich scheiden, dem Wurzelhals oder Mittelstock, neben der ersten Wurzel, eine größere Zahl von Nebenwurzeln (siehe Fig. 2, eine Keimpflanze von Canna), welche der ersten Wurzel bald gleich stark werden. Noch später verschwindet in diesen Fällen die ursprüngliche Pfahlwurzel gemeiniglich ganz.

Die Formen der Wurzeln sind sehr mannigfaltig, so entsteht durch Verdickung der Pfahlwurzel die spindelförmige fleischige Wurzel der Möhre oder Rübe, der Räben

Digitized by Google

Fig. 3.

oder Weißrüben, der Rettige, ferner die flache knollige Wurzel des Cyclamen * (Fig. 3, eine junge keimende Pflanze, der oberste Theil der Wurzel verdickt sich) und anderer. Die Knollen der Dahlien, der Commelinen, des Spargels ꝛc. entstehen aus fleischig verdickten, büschelförmig gestellten Nebenwurzeln.

Endlich gibt es auch noch eine gewisse Zahl von Pflanzen, die aus ihren Stengeln Luftwurzeln frei in die Luft entsenden, wie bei den Pandanus- und vielen Ficus-Arten, oder die sich mittelst solcher Luftwurzeln an andere Gegenstände anheften (Haftwurzeln, Klammerwurzeln), wie unser Epheu, die epiphytischen Orchideen ꝛc.; oder endlich solche, die mit ihren Wurzelenden eine ähnliche Verbindung mit andern Pflanzen eingehen wie das Edelreis, wie unsere Mistel und alle ächten Schmarotzerpflanzen.

2. Der Stengel.

Fig. 4.

Der Stengel ist der der Wurzel entgegengesetzte nach oben strebende Theil der Pflanze, der sich meist walzig verlängert und an bestimmten Gliederungen den Knoten, die Nebenorgane, nämlich die Blätter nnd deren Formen, sowie die durch Vereinigung von Stengel und Blatt hervorgehenden Gebilde, die Knospen, Blumen und Früchte trägt. Die Fähigkeit, zufällige Knospen, Adventivknospen, zu entwickeln, besitzen zwar auch eigentliche Wurzeln, niemals tragen diese aber blattartige Organe oder vorgebildete Knospen. Hierdurch lassen sich auch unterirdische Stengelbildungen von den eigentlichen Wurzeln leicht unterscheiden.

Der Stengel in seiner vollendeten Entwickelung gedacht, endigt nach unten in Wurzel, nach oben in die Blüthe. Die Blüthenbildung begrenzt, und mit ihr erlischt das gipfelige Wachsthum.

Fig. 4 gibt die schematische Darstellung der morphologischen Bildungen der Pflanze, auf die wir später uns noch öfter beziehen werden. a. die Wurzel, b. Samenblätter, c. Blätter, die bei d. in die Deckblätter übergehen, e—i sind Kelch, Blumenkrone, Staubfaden, Frucht und Same, aus einander gerückt. Es braucht kaum bemerkt zu werden, daß Bildungen wie diese in der Natur nicht vorkommen, die beigehende Figur soll eben nur ein Bild geben, wie Achsenbildung und Blattbildung zu erklären sind.

* Die Knollenbildung von Cyclamen, von Dioscorea, Gloxinia und andern wird von vielen Schriftstellern zu den Stamm- oder Mittelstockformen gezählt. Wir

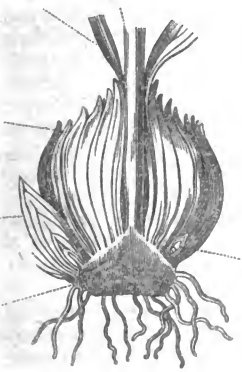
Digitized by Google

Das Stengelgebilde der Pflanzen tritt in zwei wesentlich verschiedenen Bildungen auf. Es verdickt sich mehr oder weniger, bleibt niedrig und erhebt sich nur wenig oder gar nicht über die Erde, wodurch es oft eine wurzelähnliche Gestalt erhält, oder es erhebt sich in lang gestreckter Gestalt über die Erde. Die Stengelformen der erstern Reihe bezeichnet man als Stock, die der zweiten als Stamm.

Formen des Stockes sind:

1. die Zwiebel, ist ein verkürzter unterirdischer Stock, der mit Blattschuppen (schuppige Zwiebel, z. B. Lilium) oder Blattscheiden (scheidige Zwiebel, z. B. Hyazynthe, die gewöhnliche Zwiebel) umgeben ist. Der verkürzte Stock stellt die am Grunde der Zwiebel befindliche Scheibe, Zwiebelkuchen oder Zwiebelstock, dar, der nach unten Wurzeln, nach oben den Schaft und zwischen den Blattscheiden Brutzwiebeln entwickelt. Ist der Zwiebelstock besonders stark entwickelt, wie bei Crocus, Gladiolus, so entsteht dadurch die Knollenzwiebel. Fig. 5 gibt den Durchschnitt einer Lilienzwiebel. a ist der Zwiebelstock, c die Zwiebelschuppen, b Brutzwiebeln, die sich zwischen letztern entwickeln, d Blätter, e der Blüthenschaft. Nach unten gehen die Wurzeln ab. Der Zwiebelstock und ähnliche Stammbildungen ist von der knolligen Wurzel des Cyclamen ꝛc. immer dadurch verschieden, daß er oberhalb der Anheftungsstelle der ersten Blattscheiden entsteht.

Fig. 5.



2. Zwiebelknollen nennen wir einen walzig gestreckten unterirdischen Stock, der mit kleinen fleischigen Schuppen bedeckt ist, z. B. die raupenartigen Zwiebelknollen der Achimenen.

3. Der Wurzelstock ist ein unterirdisches ausdauerndes Stengelgebilde, das jährlich Blätter, Blumen und oft auch oberirdische Stengel treibt, wie dieß bei allen unsern perennirenden Pflanzen der Fall ist. Die verästelten und kriechenden Formen desselben erhalten wieder besondere Namen. — Wurzelstock im engern Sinne nennt man ihn, wenn er dick, ausdauernd und verzweigt, gleichsam einen wurzelähnlichen Stamm darstellt, z. B. der Wurzelstock der Schwertlilien.

4. Stocksprosse heißt der dünne langgestreckte unterirdische Stengel der Quecke und vieler ausdauernder Stauden, die als lästiges Unkraut sich in den Gärten einbürgern.

rechnen sie zu den Wurzeln, weil sie wie die Möhre nur auf ihrer Spitze Stengel und Blätter entwickeln, unterhalb des ersten Knöspchens der Samenpflanze entstehen und sich seitlich nicht verzweigen, sondern nur Wurzeln entwickeln.

Digitized by Google

5. Knolle heißt die fleischig gewordene Parthie einer Stocksprosse, die ruhende, zur Vegetation fürs folgende Jahr bestimmte Knospen trägt, z. B. die Kartoffel, die Topinambour.

6. Scheinknollen nennt man jene eigenthümlichen nach oben gerichteten knollenförmigen Verdickungen des Stengels eines kriechenden Wurzelstockes. Sie kommen bei den epiphytischen Orchideen vor und gehen in eigentliche Stengelbildungen über. Die Knollen unserer einheimischen Orchideen sind fleischige Wurzeln. Sie entstehen durch Fleischigwerden der Wurzel einer sehr kurzen Stocksprosse, deren Gipfeltrieb sie, nachdem sie sich von der Mutterpflanze getrennt, auf der Spitze tragen. Sie gehören mit den knolligen Wurzen von Cyclamen, Gloxinia ꝛc. in die gleiche Bildungsreihe.

7. Knollenstock ist ein kurzer dicker oberirdischer Stengel, der mit den Narben der Blätter oder Zweige bedeckt ist, z. B. Testudinaria Elephantipes, der Stock vieler Cycaden, die Kohlrabi ꝛc. Er bildet den Uebergang zu den eigentlichen Stammformen. Hierher gehören überhaupt alle die oberirdischen verkürzten Stengelformen, welche nur sogenannte Wurzelblätter tragen, zwischen denen sich die Blüthenschafte oder Blüthenstiele erheben.

Als Formen des Stammes sind hervorzuheben:

1. Stengel ist der einjährige oberirdische Achsentheil unserer einjährigen Pflanzen, sowie der ausdauernden Stauden, der Blätter und Blumen trägt. Die Anheftungsstellen der Blätter werden Knoten und die zwischen je zwei Knoten liegenden Theile Zwischenknotenstück genannt. Aus den Knoten entspringen gemeiniglich auch die Aeste oder Theilungen der Achse. Die letzten Verästelungen des Stengels sind die Blüthenstiele. Der Stengel wird nach seiner Form, Verästelung, Bekleidung und Richtung unterschieden. Auf dem Boden hinliegende und daselbst wurzelnde Stengel werden kriechend genannt oder erhalten, wenn sie, wie bei der Erdbeere, vollständig bewurzelte junge Pflanzen darstellen, den Namen Ausläufer.

Besondere Formen des Stengels sind:

a. Der Moosstengel, das fadenförmige, nur durch den innern Bau vom wahren Stengel unterschiedene Stengelorgan der Moose.

b. Der Halm, der oft einfache, von Blattscheiden umgebene Stengel der Gräser, mit meist ringförmig hervortretenden Knoten und hohlen Zwischenknotenstücken. Sind die Knoten desselben stark entwickelt, nennt man ihn knotig; sind sie verschwindend oder am oberirdischen Theile des Halmes gar nicht vorhanden, so heißt er knotenlos oder Binsenhalm.

c. Der Schaft ist ein aus einem Stocke entspringender Stengel oder Blüthenstiel, der nur Blumen und Deckblätter trägt. Z. B. den meisten Zwiebelgewächsen ist derselbe eigen.

2. Stamm im engern Sinne werden alle die verholzenden ausdauernden Formen des Stengels genannt; von diesen unterscheidet man:

a. den Palmenstamm, einen einfachen ungetheilten Holzstamm, ohne Hauptwurzel, wie er sich bei den Palmen findet (siehe Fig. 6).

Digitized by Google

Fig. 6.

Derſelbe endigt in eine Krone großer Blätter und iſt allenthalben mit den Narben der Blätter bedeckt. Selten nur veräſtelt ſich derſelbe. Eine beſondere Form desſelben iſt der Farrenſtamm.

b. Holzſtamm oder Baum werden alle die hoch emporſtrebenden Stammformen genannt, die nach unten eine vielfach verzweigte Hauptwurzel bilden, nach oben aber hoch emporſtreben, ehe ſich die Krone desſelben gänzlich in Aeſte auflöst. Hierher gehören alle die Bäume unſerer Wälder. Eine Unterform desſelben iſt:

c. der Strauchſtamm oder Strauch, wie alle die niedrigen oder mittelhohen Stämme genannt werden, welche, ohne einen Hauptſtamm zu entwickeln, ſich gleich vom Grunde an in Aeſte auflöſen. Dahin gehören die zahlreichen Zierſträucher, die jedoch künſtlich ſehr oft zu eigentlichen Baumformen erzogen werden können.

Wie der Stengel werden auch die Formen des Stammes nach Geſtalt, Richtung ꝛc. unterſchieden. Nach der Conſiſtenz unterſcheidet man die ſaftigen Stammformen der Cactus, Euphorbien, Stapelien ꝛc., welche bei den Opuntien in Blattformen, bei den Cereen in Säulenform, bei den Mammillarien und Melocacten in Kugelform von mannigfachen Abänderungen vorkommen. Nach dem Umfang nennt man Stamm und Stengelgebilde walzig, zuſammengedrückt, zweiſchneidig, drei- bis vielſeitig, drei- bis vielkantig, gerippt, gefurcht, geflügelt. Nach der Richtung, aufrecht, überhängend, niederliegend, aufſteigend ꝛc. Dünne und ſchwache Stengel- und Stammformen, die ſich nicht ſelbſt tragen können, ſondern um andere Pflanzen und Gegenſtände ſich herumwindend emporklimmen, nennt man ſchlingend (Schlingpflanzen). Durch rankend (Rankenpflanzen) bezeichnet man ähnliche, die wie der Weinſtock ſich durch eigenthümliche Ranken befeſtigen, und kletternd (Kletterpflanzen) nennt man alle die, ſo ſich mit Klammerwurzeln, ähnlich unſerm Epheu, an Felſen und Bäumen befeſtigen und oft ſehr hoch emporſteigen.

Nach der Veräſtelung heißt der Stamm einfach, ſchwach veräſtelt, ſtark veräſtelt. Gabelig heißt die Veräſtelung, wenn der Stamm ſich in auseinander tretende Aeſte auflöst. Solch eine Veräſtelung kann zwei- bis vielgabelig ſein. Die von einem Hauptſtengel abgehenden Aeſte ſtehen entweder einzeln (zerſtreut), oder an je einem Knotengebilde gegenüber (gegen-

Digitized by Google

ständig), oder zu mehreren rings um ein Knotengebilde herum (quirlständig). Die besondern Stellungsverhältnisse werden wir bei den Blättern berücksichtigen.

Der innere Bau der Stengelgebilde ist bei den verschiedenen großen Gewächsklassen verschieden, worauf wir später näher eintreten werden. Schneidet man den Holzstamm quer durch, so kann man die folgenden Theile unterscheiden:

a. Das Mark oder der Markkörper nimmt den Mittelpunkt des Stammes ein und besteht aus einem zarten weichen Gewebe. Oft verschwindet dasselbe und dann ist der Stamm oder Stengel hohl.

b. Das Holz oder der Holzkörper besteht aus einem festen zähen Gewebe, welches zwischen Rinde und Mark liegt. Bei ältern Stämmen ist der Holzkörper aus so viel konzentrischen Ringen zusammengesetzt, als der Stamm Jahre zählt, weßhalb man diese Ringe auch Jahresringe nennt. Die innerste, den Markkörper umschließende Schicht, nennt man Markscheide, und die äußerste, noch zartere und weichere jüngste Holzschicht nennt man Splint.

c. Die Rinde umschließt den Stamm von außen und besteht aus der eigentlichen Rindenschicht und der zwischen ihr und dem Splint liegenden Bastschicht. Letztere ist aus einem zähen, faserigen Gewebe zusammengesetzt, das eigentlich noch zum Holzkörper gehört, aber weil es der Rinde anhängt, gemeiniglich zu dieser gerechnet wird. Die Rinde wird an ausdauernden Stämmen von der Pflanze jährlich neu gebildet und die alte entweder wie bei der Platane abgestoßen, oder sie bleibt in Bruchstücke zerrissen, aber abgestorben auf der jungen Rinde sitzen. Hierdurch entsteht nach und nach die dicke, tief aufgerissene Rinde vieler Bäume, wie z. B. der Birnen, Eichen ꝛc.

Der Palmenstamm zeigt auf seinem Durchschnitt, von Innen bis Außen, eine durchaus gleichartige Bildung von ringförmigen Holzbündeln, die zwischen anderm Gewebe eingestreut liegen. Die häufig als Spazierstöcke gebräuchlichen Palmen- und Rohrstöcke geben auf ihrem Querschnitt ein deutliches Bild dieser Verhältnisse des Palmenstammes, der Durchschnitt durch unsere Holzarten aber vom Verhalten des Holzstammes.

Die sekundären Achsen oder Aeste besitzen die durchaus gleichartige Bildung und stehen mit dem Marke des Hauptstammes in unmittelbarer Verbindung.

Als besondere Formen der Aeste oder Nebenachsen des Stammes sind hervorzuheben:

a. Der Stachel ist ein fehlgeschlagener spitzer steifer Ast, an dem sich schuppenförmige Blattspuren finden, wie z. B. bei den Weißdornarten. Derselbe kann sich auch verästeln.

b. Die Ranke ist eine fadenförmige, mit Blattspuren besetzte einfache oder verästelte sekundäre Achse oder Zweig, mit der sich viele Rankenpflanzen befestigen, so z. B. der Weinstock.

c. Blattartig heißt ein flach ausgebreiteter Ast, der in seiner

Digitized by Google

Form die Blätter nachahmt, aber die Blumen und Früchte trägt, wie z. B. bei Ruscus und Phyllanthus.

d. Wedel oder Laub heißen die blattartigen einfachen oder mannigfach getheilten Aeste der Farrenkräuter, die auf ihrer Rückseite die Fruktifikationsorgane tragen. Fälschlich wendet man diese Bezeichnung auch für die Blätter der Palmen an.

3. Das Blatt

Wie den Stengelgebilden im Allgemeinen die walzenförmige Gestalt eigen, so kommt den Blättern die Flächenform zu. Das Blatt ist das Seitenorgan der Achse, es trennt sich in seiner einfachsten Form, die Achse umhüllend, von derselben, und entspringt in der Rindenschicht. Daher ist denn auch eine walzenförmige Hülle oder Scheide die Grundform des Blattes. Aus dieser Form, die noch am Grunde der meisten Blattformen angedeutet ist, gehen alle die verschiedenartigen, meist flächenartigen Ausbreitungen hervor, die wir Blatt zu nennen gewohnt sind. Nur die stets seitliche Lage, das Hervorgehen aus der Rindenschicht und das Unvermögen, Blüthen zu tragen, unterscheidet das Blatt sicher von den Stengelorganen, denen es in seinen Formen oft nahe steht, wie umgekehrt Stengelgebilde oft blattartige Formen annehmen oder die Funktionen der Blätter übernehmen können. Wir betrachten nun das Blatt in den folgenden Verhältnissen.

1. Stellungsverhältnisse des Blattes.

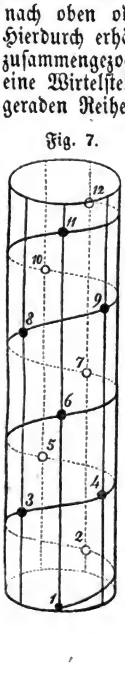
Die Stellung der Blätter hängt zunächst von der Ausbildung der Zwischenknotenstücke des Stengels ab. Sind die Zwischenknotenstücke des Stengels sämmtlich ausgebildet, dann steht an jedem Knoten nur ein Blatt und wir haben abwechselnd oder zerstreut stehende Blätter. Sind bei dieser Stellung die Zwischenknotenstücke sämmtlich nur sehr wenig ausgebildet, so entsteht daraus die rosettenartig oder büschelförmig gehäufte Blattstellung, wie z. B. bei dem verkürzten Stengel vieler Stauden, den sogenannten Wurzelblättern, bei der Krone der Palmen u. a. m. Werden einzelne oder mehrere Zwischenknotenstücke gar nicht ausgebildet und vereinigen sich in Folge dessen mehrere Knoten zu einem Knotengebilde, so stehen an jedem dieser Knoten so viel Blätter, als Zwischenknotenstücke gar nicht ausgebildet wurden. Hieraus entstehen die gegenständigen Blätter (wenn jeder Knoten zwei gegenüberstehende Blätter trägt) und die Blattwirtel oder Quirle von je drei bis vielen Blättern. Diese Stellungsverhältnisse sind jedoch sehr constant und für ganze Gattungen und Familien oft die gleichen. Nur selten ist der Fall, daß Blattwirtel sich wieder in zerstreut stehende Blätter durch Ausbildung der Zwischenknotenstücke auflösen.

Vergleicht man die gegenseitige Stellung der über einander gestellten Blattwirtel mit einander und denkt sich dabei eine senkrechte Linie am Stengel der Länge nach herabgezogen, so stehen gemeiniglich die Blätter

Digitized by Google

des untern Wirtels genau zwischen denen des zunächst obern und erst die des dritten nach oben und unten wieder genau über dem Wirtel, von dem man ausging. Hieraus folgt, daß die Blätter gemeiniglich genau in noch einmal so vielen Längsreihen am Stengel stehen als der Blattwirtel des Knotens Blätter zählt. Gegenständige Blätter stehen daher vierreihig am Stengel, wie dieß z. B. bei der Familie der Lippenblumen durchgehends der Fall ist ꝛc. Bei durch geringe Ausbildung der Zwischenknoten stark genäherten Blättern, namentlich den ziegeldachförmig über einander liegenden Blättern, fällt einerseits diese Anordnung der wirtelförmig gestellten in gerade Reihen (zwei- bis vielreihige Blätter) oft sehr deutlich ins Auge, andrerseits beobachtet man aber auch sehr häufig bei zerstreut stehenden Blättern von dichter Stellung die Anordnung in spiralige Reihen rings um den Stamm. Sehr schön fällt dieß z. B. bei Pandanus utilis, den Blüthenhüllen mancher Kompositen ꝛc., ins Auge. Die Beobachtung hat nun gezeigt, daß überhaupt alle zerstreut stehenden Blätter in regelmäßigen Spirallinien um den Stengel herum stehen.. Man denkt sich dabei den Stengel ebenfalls in gerade herablaufende Linien eingetheilt und von einem bestimmten Blatte ausgehend, zählt man die Blätter rings um den Stengel bis zu dem Blatte, welches nach oben oder unten wieder in genau derselben geraden Linie liegt. Hierdurch erhält man die Zahl der Blätter, welche, in einen Wirtel zusammengezogen gedacht (Grundwirtel, Grundspirale genannt), eine Wirtelstellung bedingen würden, wo je die einzelnen Blätter in je geraden Reihen über einander liegen würden.

Fig. 7.



Diese Stellungsverhältnisse treten jedoch in oft sehr verwickelten Verhältnissen auf und es gehört ein in dieser Hinsicht sehr geübter Blick dazu, dieselben sicher herauszufinden. Einer der einfachsten Fälle ist der, wenn drei Blätter einen Grundwirtel bilden und also das vierte Blatt wieder über dem ersten, das fünfte über dem zweiten steht ꝛc. Dieser Fall ist auch noch deßhalb besonders einfach, weil die Spirale vom ersten bis zum vierten oder nächst obern Blatt sich nur einmal um den Stengel dreht. Gehören aber mehr Blätter zu einer Grundspirale, so machen diese zwei oder mehrere Windungen um den Stengel, bevor sie zu dem nächst obern Blatte in gerader Reihe kommen. Ein ebenfalls noch einfacher, aber sehr häufiger Fall dieser Blattstellung ist der, welchen die beistehende Fig. 7 versinnlichet. Hier gehören fünf Blätter zu einer Grundspirale, die sich in zwei Windungen um den Stengel dreht, bis das sechste Blatt wieder über dem ersten, das siebente über dem zweiten und so ferner steht. In der beschreibenden Botanik werden daher diese Stellungsverhältnisse durch einen Bruch ausgedrückt, dessen Zähler die Zahl der Blätter ausdrückt, die an einem Grundwirtel Theil nehmen, dessen Nenner dagegen die

Digitized by Google

Zahl der Umdrehungen bezeichnet, welche jede Grundspirale bis zum nächst obern Blatt in gerader Reihe macht. Das durch Fig. 7 ausgedrückte Stellungsverhältniß heißt demgemäß die $^2/_5$ Stellung, die vorher berührte die $^1/_3$ Stellung u. s. f.

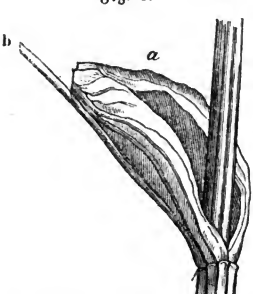
Genaue Beobachtungen haben folgende Stellungsverhältnisse in regelmäßig progressiven Reihen aufgefunden, nämlich:

$^1/_2$, $^2/_3$, $^3/_5$, $^5/_8$ . . . .
$^1/_2$, $^1/_3$, $^2/_5$, $^3/_8$ . . . .
$^1/_3$, $^1/_4$, $^2/_7$, $^3/_{11}$ . . . .
$^1/_4$, $^1/_5$, $^2/_9$, $^3/_{14}$ . . . . ꝛc., wobei immer die Summe von Nenner und Nenner und Zähler und Zähler der beiden letzten Brüche der Reihe, Zähler und Nenner der folgenden Reihe bezeichnet.

Wie die Blätter, genau so verhalten sich auch die Aeste, denn aus jeder Blattachsel kann ein Ast entstehen, wenn gleich das nicht immer der Fall ist. Auch bei dem Blüthenstande, Blüthenhüllen ꝛc. finden ähnliche Verhältnisse statt, weßhalb wir die Stellungsverhältnisse in dieser Beziehung nicht ferner berühren werden.

2. Theile des Blattes.

Fig. 8.



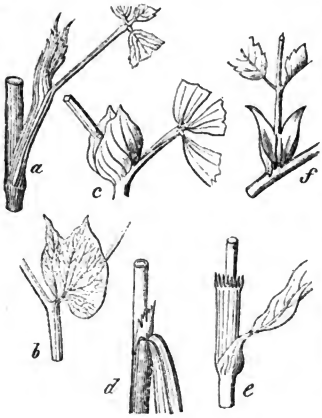
Es ward schon gezeigt, daß die scheidige Gestalt die einfachste Form der Blätter sei, und daß diese auch am Grunde der meisten Blätter nachgewiesen werden könne. Bei Blättern, wo alle Theile des Blattes ausgebildet sind, trägt die Blattscheide den Blattstiel und dieser die flächenartige Ausbreitung oder die Blattfläche. Die Ausbildung aller drei Theile findet aber selten gleichzeitig statt, gemeiniglich unterbleibt die Ausbildung eines oder auch zweier Theile.

Die Blattscheide trägt seitlich unterhalb der Spitze den Blattstiel oder das Blatt. Am deutlichsten tritt diese Bildung bei vielen Doldenpflanzen (Fig. 8, die Blattscheide a trägt unterhalb der Spitze den Blattstiel b) auf.

Am häufigsten sind die deutlichen Scheidebildungen bei den einsamenlappigen Pflanzen. So umschließt bei den Gräsern eine lange Scheide nach vorn gespalten den Schaft, die Spitze der Scheide ist aber durch ein zartes Häutchen, hier Blatthäutchen genannt (Fig. 9 d), welches am Grunde des Blattes steht und sich oft auch in eine Reihe Haare auflöst, repräsentirt. Bei den Binsen und Cyperngräsern ist diese Scheide meist ganz geschlossen und von der Scheidenspitze nur die Andeutung vorhanden. Bei den lilienartigen Pflanzen bildet sich sehr häufig einzig der Scheidentheil blattartig aus, und hat den jedenfalls unpassenden Namen Blattstielblatt erhalten, den man für alle Monocotyledonen, wo die Blattscheide unmittelbar in ein mit parallelen Nerven durchzogenes Blatt

Digitized by Google

Fig. 9.



auswächst, in Scheidenblatt umändern sollte.

Bei den zweisamenlappigen Pflanzen umschließt die Blattscheide die Stengelglieder seltener. Sehr deutlich tritt da die Scheidenbildung z. B. bei den Doldenpflanzen (Fig. 8) auf, jedoch nur im jungen Zustand den Stengel umhüllend, später abstehend. In den meisten Fällen ist aber bei dieser Gewächsklasse der Scheidentheil des Blattes nur in der Andeutung am Grunde des Blattes oder gar nicht ausgebildet, dagegen zeigt die Scheidenspitze oft eigenthümliche Weiterbildungen. So tritt sie beim Knöterich (Polygonum) als eine den Stengel umhüllende Scheide, hier Tute genannt, auf, die nur in der Spitze durchbohrt ist (Fig. 9 c). Bei den Doldenpflanzen (Fig. 8) ist die Scheidenspitze wie die Scheide selbst aufgeschlitzt, und tritt in Form zweier kleiner Lappen vor. Ist der scheidige Theil des Blattes in diesem letztern Falle weniger stark oder gar nicht, dagegen die beiden Lappen der Scheidenspitze stärker entwickelt (Fig. 9 a, f, c, b gibt eine Reihe dieser Bildungen, wo der Scheidentheil bei a noch stark, bei f schwächer, bei c unbedeutend, bei b gar nicht mehr, dagegen die Spitzenlappen dafür desto stärker entwickelt sind), so entstehen dadurch zwei kleine Blättchen, von denen an jeder Seite am Grunde des Blattstieles eins steht, und diese Blättchen von sehr verschiedener Gestalt nennt man Nebenblättchen. Bei den Rosaceen (Fig. 9 a und f), wo der Scheidentheil noch entwickelt, nennt man die Nebenblättchen dem Blattstiel angewachsen, bei den Schmetterlingsblättern (Fig 9 b und c) nennt man sie frei. Oft sind sie nur zur Zeit der ersten Entwickelung vorhanden und fallen sehr früh ab, dann nennt man sie hinfällig wie bei der Buche.

Der Blattstiel ist der unter der Spitze des Scheidentheils befestigte oder, wenn letzterer fehlt, der den Blattgrund bildende, stengelförmig zusammengezogene Theil des Blattes. Derselbe hat eine meist rinnenförmige Gestalt, seltener breitet er sich, wie z. B. bei der Pomeranze, blattartig aus oder vertritt als wahres Blattstielblatt, wie bei vielen neuholländischen Acacien, die Stelle des Blattes. Derselbe ist entweder mit der Blattfläche gegliedert, oder die Blattfläche ist allmälig in denselben verschmälert, so daß man nicht sagen kann, wo der Blattstiel anfängt und das Blatt aufhört. Läuft die Blattfläche bis zum Grunde des Blattstiels beiderseits herab, so nennt man denselben geflügelt,

Digitized by Google

und gehen diese häutigen Ränder noch am Stengel herab, so sind die Blätter herablaufend.

Häufig fehlt der Blattstiel auch ganz, und dann nennt man das Blatt sitzend.

Die Blattfläche ist die meist flächenartige Ausbreitung des Blattes, welche oft von einem Blattstiel getragen wird, oft dessen aber auch entbehrt und dann durch sitzendes Blatt bezeichnet wird. Sie ist von sehr mannigfacher Gestalt und Form. Sie fehlt, wie wir früher sahen, aber häufig, und während Scheiden- und Blattstielblätter sich im Allgemeinen durch parallele Nerven und ungetheilten Rand charakterisiren, so besitzt die wahre Blattfläche gemeiniglich nur einen oder mehrere Hauptnerven, welche sich dann wieder verästeln und als Adernetz das Blattgewebe durchziehen, sowie auch Theilungen und größere und kleinere Einschnitte des Randes sehr häufig bedingen. Es sind dieß jedoch keine durchgreifenden Unterschiede und oft kann nur vergleichende Beobachtung mit Sicherheit entscheiden, welche der genannten Blattformen man vor sich hat.

3. Form, Zusammensetzung des Blattes.

Die Form des Blattes wird wesentlich durch den Verlauf der Nerven oder Holzbündel im Gewebe desselben bestimmt. Zunächst trennen sich dieselben beim Eintritt in die Blattfläche auf zwei verschiedene Weisen; entweder nämlich wird das Holzbündel (Gefäßbündel) des Blattgrundes als Hauptnerv durch das Mittel des Blattes hindurch geführt und von ihm erst gehen Seitennerven ꝛc. aus (Fig. 10 a), dann nennt man diese Art der Benervung, welche bei den zweisamenlappigen Pflanzen am häufigsten auftritt, fiedernervig; oder das Holzbündel des Blattgrundes tritt in der Blattfläche sogleich in mehrere Hauptnerven aus einander. Diese heißen:

a. Streifennervig oder parallelnervig, wenn sie wie bei den Gräsern einen parallelen Verlauf zeigen und sich dabei nicht verästeln und verbinden.

b. Krummnervig. Die Hauptnerven treten bogig aus einander und verästeln sich nur wenig (Fig. 10 b). Bei beiden Nervenformen besitzen die Blätter meist ungetheilten Rand.

c. Handnervig. Die Nerven treten in gerader Richtung aus einander und jeder einzelne Hauptnerv verästelt sich fiedernervig (Fig. 10 c).

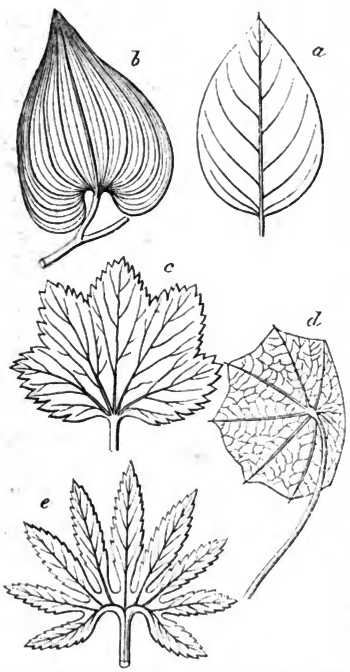
d. Schildnervig. Die Nerven treten strahlenförmig nach allen Seiten aus einander und verästeln sich fiedernervig (Fig. 10 d). Hierdurch entsteht das schildförmige oder fächerförmige Blatt, dessen Blattstiel scheinbar in die Mitte der untern Blattfläche gestellt ist.

e. Fußnervig. Nur drei Hauptnerven treten aus einander, von diesen ist der mittlere der kleinste, die beiden großen seitlichen aber gehen nach der innern Seite in verhältnißmäßig viel stärkere Seitennerven aus, die sich wiederum fiederförmig verästeln (Fig 10 e).

Von diesen Hauptformen der Verästelung der Blattnerven gibt es

Digitized by Google

Fig. 10.



nun eine große Zahl von Modifikationen, die wir nicht näher betrachten können.

Ueberall da, wo wie in den Fällen a bis e die Ausgangspunkte der Nerven gegen den Blattrand gerichtet sind, und wo sie, ohne sich umzukrümmen oder sich in ein feines Adernetz aufzulösen, den Blattrand erreichen, treten sie mit einer größern oder kleinern Partie des Gewebes über den Blattrand hervor, und so bilden sich die Zähne und Kerben des Blattes, die, wenn sie tiefer in den Blattrand einschneiden, Lappen genannt werden. Hiernach entstehen je nach der Art der Benervung fiederförmig, handförmig ꝛc. gelappte Blätter, die, wenn die Einschnitte fast bis zum Grunde, geschnitten, und wenn sie bis zum Grunde gehen, getheilt genannt werden. Diese Theilung kann sich nun an den einzelnen Lappen, Theilen ꝛc. wiederholen, und hiernach sagt man einfach, doppelt, vielfach, fiederförmig, handförmig ꝛc. geschnitten oder getheilt, woraus zuletzt die feingetheilten Blattformen mancher Doldenpflanzen, wie des Fenchels u. a. m., entstehen. Die letzten Theilungen nennt man in diesem Falle Theilblättchen. Am auffallendsten ist diese Art der Zertheilung der Blätter bei den Palmen, wo alle jung sich entwickelnden Blätter in der Anlage ungetheilt sind und erst durch theilweise vertrocknende Gewebspartieen, welche beim Auseinandertreten der Theilblättchen als braune Faden noch an denselben hängen, die Theilung des ursprünglich ganzen Blattes bewerkstelligt wird.

Außer dieser aus dem ursprünglich ganzen Blatte hervorgehenden Theilung gibt es aber noch eine zweite Art, — wenn nämlich ein gemeinsamer Blattstiel eingelenkte Aeste oder sekundäre Blattstiele und Blattflächen entwickelt. Man nennt derartig zertheilte Blätter zusammengesetzte Blätter. Bei fiederförmiger Zertheilung heißen sie einfach, doppelt, dreifach .... gefiedert, wie die Blätter der Bohne, der Scheinakazie, der Mimosen ꝛc., bei handförmiger Zertheilung nennt man sie gefingert, wie die Blätter der Lupine. Bei doppelter und

Digitized by Google

mehrfacher Zertheilung dieser Form treten die spätern Theilungen, analog der Nervatur fiederförmig auf. Die Theilblättchen selbst heißen bei zusammengesetzten Blättern Blättchen und tragen an ihrem Grunde oft kleine Nebenblättchen; der erste Blattstiel heißt gemeinsamer Blattstiel und die folgenden Blattstielchen.

Die beschreibende Botanik beachtet nicht nur alle diese Verhältnisse bis in ihre kleinsten Abänderungen, sondern gibt auch allen den verschiedenen Formen der einfachen Blätter, der Theilblättchen und Blättchen je nach ihrem Umfang besondere Bezeichnungen. Hierbei wird zunächst der allgemeine Umfang, ob linear, lanzettlich, keilförmig, oval, rundlich ꝛc., berücksichtigt; ferner der Rand in Bezug auf Zähne, Lappen, Einschnitte und deren spezielle Form; dann die Spitze, ob stumpf, zurückgedrückt, spitz, zugespitzt ꝛc., und endlich der Grund, ob sitzend oder gestielt.

Das sitzende Blatt kann einfach ansitzen, oder mit seinem Grund den Stengel halb oder ganz umfassen und im letztern Falle sich auch nach hinten schließen und vom Stengel durchwachsen sein oder mit dem Grunde eines gegenüberstehenden Blattes verwachsen, oder endlich auch, wie dieß schon bei den Blattscheiden und Blattstielen vorkam, am Stengel als Flügel herablaufen.

Das gestielte Blatt verschmälert sich entweder allmälig in dem Blattstiel, oder besitzt einen abgerundeten, herzförmigen, nierenförmigen, spießförmigen, speerförmigen, und dabei beiderseits gleichartigen oder ungleichseitigen schiefen Blattgrund.

4. Consistenz, Dauer, Färbung, Oberfläche und Bekleidung des Blattes.

Consistenz und Dauer. Die dünnen Blätter, welche jährlich neu gebildet werden, heißen häutig oder krautartig; fallen sie im Herbste ab, so nennt man sie abfallend, bleiben sie sitzen und verwelken, verwelkend. Im Gegensatz hierzu heißen die mehrere Jahre dauernden dickeren Blätter der Stechpalme, des Lorbeer u. s. f. lederartig und immergrün. Blätter, die noch dicker werden, so daß dadurch die gewöhnliche flächenartige Form zu eigenthümlichen Formen umgeändert wird, nennt man verdickt oder saftig, und unterscheidet dann noch die besondern Formen als stielrund, drei- bis mehrkantig, säbelförmig, zungenförmig ꝛc., wie dieß z. B. bei den Arten von Mesembrianthemum vorkommt.

Färbung, Oberfläche und Bekleidung. Grün ist die gewöhnliche Farbe des Blattes, sowie aller krautartigen Theile. Diese Farbe tritt jedoch auf der obern Seite des Blattes stets intensiver als auf der untern auf; die Abänderung von Grün in Roth auf der untern Blattfläche ist nicht selten. Die Abänderung in Roth tritt oft im Herbste kurz vor dem Falle der Blätter ein. Pflanzen mit weiß, gelb und roth gefleckten und nüancirten Blättern sind meistens nur zufällig erzeugte Abarten der Stammart mit grünen Blättern, wie die Spielarten der

Digitized by Google

Stechpalme ꝛc., seltener sind bunte Färbungen der Blätter gewissen Pflanzen eigenthümlich, wie dieß z. B. bei manchen als Dekorationspflanzen unserer Warmhäuser beliebten Pflanzen der Tropen, wie einigen Arten der Gattungen Maranta, Caladium ꝛc., vorkommt. Der Schiller der Blätter in mehrere Farben, der eigenthümliche Seidenglanz wird durch kleine warzige Hervorragungen der Oberhaut hervorgebracht. Werden diese Hervorragungen noch bedeutender, so nennt man das Blatt warzig, höckerig ꝛc., und wo diese fehlen, glatt. Außerdem bezeichnet man das Blatt noch in Bezug auf seine Oberfläche überhaupt, als flach, wellig, runzlig, blasig, gekielt, gefaltet, zusammengelegt ꝛc.

Die Bekleidung sowohl des Blattes als aller blattartigen und Stengelorgane wird entweder durch mannigfache, meist haarförmig gebildete Fortsetzungen der Oberhaut, oder auch durch auf der Oberfläche abgelagerte Stoffe hervorgebracht. Wo jede Art von Bedeckung fehlt, bezeichnet man die betreffenden Theile als nackt oder kahl.

Die haarförmigen Bedeckungen unterscheidet man je nach Dichtheit, Weichheit und Länge der Haare als haarig, flaumhaarig, seidenhaarig, wollig, filzig, zottig, spinnenwebartig ꝛc.; steifere Haare heißen steifhaarig, striegelhaarig, sternhaarig, brennhaarig, weichstachelig, stachelig.

Tragen die Haare kleine kuglige Wärzchen, die eine klebrige Feuchtigkeit aussondern (Drüsen), so bezeichnet man dieß durch drüsenhaarig, und sind sitzende Drüsen vorhanden, durch drüsig; wird in den beiden letztern Fällen auf der ganzen Oberfläche eine klebrige Feuchtigkeit ausgesondert, so nennt man dieß klebrig und schleimig. Häufig enthalten die sitzenden Drüsen eine dunkler oder heller gefärbte Feuchtigkeit, und stellen dann eine Menge kleiner Punkte auf dem Blatte dar; durchstochen endlich nennt man solche Blätter, die in die Blattsubstanz eingesenkte Drüsen besitzen und, gegen das Licht gehalten, durchsichtig punktirt erscheinen, z. B. das Johanniskraut (Hypericum perforatum).

Treten an die Stelle der Haare kleine Schuppen, so bezeichnet man dieß durch spreuhaarig (Farrenkräuter), schülferig (Elæagnus), kleienartig (Rhododendron ferrugineum), und sind nur wachsartige Stoffe abgesondert, durch bestäubt und bereift, wie z. B. bei den Gold- und Silberfarren (Gymnogramme), den Blumen der englischen Aurikeln u. s. f.

5. Morphologie des Blattes.

Das Blatt ist die Grundform aller Seitenorgane des Achsengebildes. Die Blattform bewegt sich nicht nur bei den verschiedenen Pflanzenarten in jener unendlichen Mannigfaltigkeit, die wir im Vorhergehenden nur kurz angedeutet haben, sondern sie tritt sogar bei den einzelnen Pflanzenarten in einer großen Mannigfaltigkeit von Formen auf. So zeigt das erste oder die ersten Blätter, welche die keimende Pflanze entwickelt, meist eine andere Form als die eigentlichen Blätter; so sind die Blätter des Wurzel-

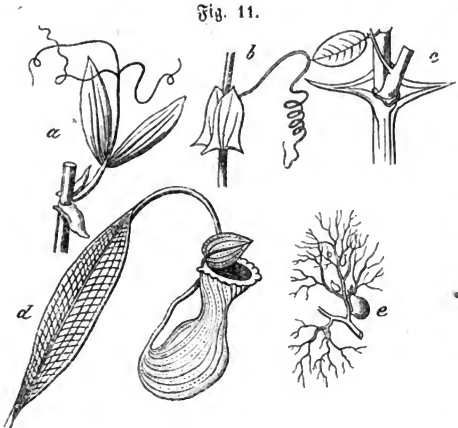
Digitized by Google

stockes (Wurzelblätter) meist von anderer Form, höherer Ausbildung als die Stengelblätter; so nehmen die Stengelblätter gegen den Blüthenstand hin gemeiniglich an Dimensionen ab, werden kleiner und gehen allmälig in die am Grunde der Blumen oder den Verästelungen des Blüthenstandes stehenden, oft gefärbten Deckblätter über; so bilden diese letztern den Uebergang zu den Kelch- und Blumenblättern, so wie zu den Staubfäden, bis endlich die im Zentrum der Blume liegenden Samenblätter wieder in ihrer Form eine rückgängige Bewegung gegen die gewöhnliche Blattform machen. Während dieß die gewöhnliche Metamorphose ist, welche das Blatt in den mannigfachsten Nüancen bei allen blüthetragenden Pflanzen eingeht, so finden sich außerdem noch einzelne auffallende Abänderungen der Blattform in besondern Fällen, deren hauptsächlichste Modifikationen wir noch schließlich betrachten wollen.

a. Schuppen oder schuppenförmige Blättchen werden alle jene nur in der Andeutung vorhandenen Blätter der anscheinend blattlosen Pflanzen, so von Ephedra, der Cacteen, die Spreublättchen der Farren ꝛc., genannt; ferner die Vorbildungen zum Blatt oder der Blattscheide, wie die Hüllblätter der Knospen, die Schuppen der Zwiebeln, Knollenzwiebeln ꝛc.

b. Dorn heißen im Gegensatz zu dem aus einem fehlgeschlagenen Ast entstandenen Stachel alle jene Bildungen, welche durch Umbildung blattartiger Gebilde entstanden sind. Dieselben können entstehen aus Umbildung der Nebenblättchen, wie bei der Scheinakazie (Fig. 11 c), durch Umbildung der Knospenschuppen, wie bei den Cactus ꝛc. Ferner geht der Mittelnerv von Blättern sehr häufig in einen Dorn aus, so z. B. bei den Hüllblättern der Distelgewächse, oder es gehen auch die Seitennerven des Blattes in Dornen aus, wie bei der Stechpalme, oder es bildet sich endlich der Blattstiel und die Blattstielchen eines zusammengesetzten Blattes, wie bei Gleditschia zu einem ästigen Dornen um.

Fig. 11.



Die Ranke, welche wir in einzelnen Fällen durch Umbildung eines Astes entstehen sehen, geht häufiger aus einer Umbildung des Blattes

Digitized by Google

hervor. Entweder geht dabei die Spitze eines gemeinsamen Blattstieles, wie bei manchen Lathyrus-Arten (Fig. 11 a), in eine solche aus, oder es bilden sich wie bei Smilax die Nebenblätter zu Ranken aus, oder es geht das ganze Blatt diese Umbildung ein, wie bei dem Kürbis. Im letztern Falle vertreten zuweilen die Nebenblätter die Stelle des Blattes, z. B. Lathyrus Aphaca (Fig. 11 b).

c. Der Schlauch entsteht aus einer Umbildung des Blattstiels, wie bei Sarracenia. Bei Nepenthes wird derselbe noch von einem Scheidenblatt getragen (Fig. 11 d), die Blattfläche aber hat die Gestalt eines Deckels angenommen.

d. Die Blase ist eine von allen Seiten geschlossene blasen- oder sackartige Auftreibung der Blattsubstanz mancher Wasserpflanzen, am bekanntesten bei Utricularia (Fig. 11 e). Dieselbe füllt sich zur Zeit der Blüthe mit Luft und trägt dann diese Pflanzen an die Oberfläche des Wassers empor.

4. Die Knospe.

Die Knospe oder Blattknospe, auch Auge genannt, ist ein sehr verkürztes Achsengebilde, umgeben von kleinen schuppenförmigen Blättchen (Fig. 12 a), welche in sehr verkürztem Zustande die Vorbildung zu neuen Stengelgliedern und Blättern enthält. Schon lange bevor ein neuer Trieb beginnt, bevor noch das Wachsthum des vorhergehenden Triebes und die Ausbildung dessen Blätter vollendet sind, findet man an den Stengelorganen die Knospe vorgebildet. Die Knospe ist daher immer der Spitzentheil einer Achse, ausgerüstet mit der Fähigkeit unbegrenzter Weiterentwickelung. Sie findet sich gemeiniglich endständig (Spitzen- oder Terminalknospe), oder seitenständig an den Knoten in den Achseln der Blätter (Axillarknospe); sie kann sich aber auch aus allen Theilen einer Achse zufällig entwickeln (Adventivknospe). Die Terminalknospe (Fig. 12 b) dient zur unmittelbaren Verlängerung der Achse. Die Axillarknospe (Fig. 12 a. Bei c sieht man die Narben der abgefallenen Blätter) bildet sich nicht immer aus, wie bei allen gemeiniglich unverästelten Stamm- und Stengelgebilden. Neben denselben, wie z. B. beim Weinstock, können sich noch mehrere andere Knospen entwickeln, die man Nebenknospen nennt. Auf der Adventivknospe beruht die Möglichkeit des Austreibens ins alte Holz zurückgeschnittener Stämme, das Auftreten von Knospen an eigentlichen Wurzeln ꝛc.

Fig. 12.

Vollständig ausgebildete, d. h. mit einer Hülle von Schuppen um-

Digitized by Google

gebene Knospen, besitzen unsere ausdauernden Bäume und Sträucher. Fig. 12 b gibt den Durchschnitt einer solchen.

Den kegelförmigen, ins Herz der Knospe reichenden Stengeltheil nennt man Knospenkern, auf ihm stehen die jungen Blätter, nach außen umgeben von den Knospenschuppen. Der Knospenkern, aus dem alle jungen Bildungen hervorgehen, ist der wichtigste Theil der Knospe, der immer vorhanden ist. Die Knospenschuppen dienen nur zum Schutze der jungen Gebilde und sind oft auch nur durch ein oder wenige kleine Schüppchen repräsentirt, oder sie fehlen auch wohl ganz, wie bei den Knospen vieler Bäume und Sträucher der wärmeren Länder, an den unterirdischen Stengelgebilden ꝛc.; in diesen letztern Fällen nennt man die Knospen nackt.

Es ist schon oben gezeigt worden, daß die Knospenschuppen nichts als die unentwickelten ersten Blätter des neuen Astes sind; sie bestehen gemeiniglich aus dem noch allein entwickelten Scheidentheil (Scheide- oder Nebenblätter) und oft kann man die allmälige Weiterentwickelung von der Knospenschuppe zum Blatte in der gleichen Knospe sehr deutlich verfolgen.

Die Lage der jungen Blätter in der Knospe ist sehr verschieden, sie kann entweder flach oder gefaltet sein. Man bezeichnet dieß durch Knospenblattlage, und unterscheidet bei der gefalteten noch viele Nüancen, als geschindelt, reitend, gerollt ꝛc.

Metamorphosen der Knospe sind die Zwiebelknospe und Zwiebel. Die Zwiebelknospe ist ein vollständiges oberirdisches Knospengebilde, dessen Theile fleischig werden und die später sich von der Mutterpflanze trennend und abfallend, den Keim zu einer neuen Pflanze abgibt. Bekannt sind diese Gebilde z. B. bei der Feuerlilie, vielen Arten der Gattungen Allium, Begonia, Polygonum ꝛc. Pflanzen, die diese Bildung zeigen, nennt man lebendig gebährend. Die Zwiebel, welche wir schon betrachteten, ist ebenfalls nur eine fleischig gewordene Stockknospe.

5. Die Blüthe.

Die Blüthe, nur den höher organisirten Gewächsen eigen, ist eine Knospe mit wirtelförmig gestellten Blättern. In ihr erlischt das Gipfelwachsthum der Achse, deren letzte Spitze sie stets bildet, und in Folge dessen findet in ihr jene eigenthümliche Um- und Fortbildung von Blättern zu metamorphosirten Blattkreisen (Kelch und Blumenkrone) so wie zu den Geschlechtsorganen (Staubfäden und Stempel) statt.

Die Erzeugung der Blüthe erscheint als der Zweck des Pflanzenlebens; in ihr treten die Blätter in jenen eigenthümlichen veredelten Formen auf, die das Auge erfreuen, sie sind es auch, welche vorzüglich jene lieblichen, die Atmosphäre erfüllenden Düfte aushauchen; in ihr beendigt sich der Lebenszyklus der Pflanze oder des Zweiges, um die ersten Keime neuer Individuen (Samenknospen) in dem Innern ihres innersten Blattkreises hervorzubringen und diese wieder mittelst der Be-

Digitized by Google

fruchtung zu selbstständigen neuen Individuen der gleichen Art (Samen) auszubilden.

Wir betrachten nun die Blüthe:

1. in Bezug auf ihre Vertheilung und Stellung an der Achse (Blüthenstand);
2. in Bezug auf die besondern Blattwirtel und deren gegenseitige Stellung (die Blüthenblattkreise und deren Stellung);
3. in Bezug auf die besonderen Formen der einzelnen Blattwirtel (Kelch, Blumenkrone, Staubfäden, Stengel, Frucht und Samen).

1. Der Blüthenstand.

Die Blüthe, lediglich in Beziehung zu der Achse gedacht, deren Wachsthum sie als letztes Glied begrenzt, erscheint stets als gipfelständig. Betrachtet man ihre Stellung aber im Verhältniß zur Hauptachse einer ganzen Pflanze oder eines Zweiges, so nennt man sie nur dann gipfelständig, wenn sie das Spitzenwachsthum der Hauptachse begrenzt, seitenständig aber nennt man alle jene Blüthen, welche auf der Spitze einer Seitenachse stehen. In letzterm Falle kann es auch vorkommen, daß sich solch eine Seitenachse wenig oder gar nicht entwickelt, dann heißt die Blume sitzend.

Die Blüthen, in Bezug auf deren Vertheilung an der Achse, stehen entweder an der ganzen Pflanze zerstreut in den Achseln der Blätter (achselständig), oder sie vereinigen sich an besonderen Theilen des Stengels zu einem besondern, mehr oder weniger verästelten Blüthenstand. An dem verästelten Blüthenstand wird die Hauptachse Blüthenspindel und die Verästelungen erster und zweiter Ordnung Blüthenstiele und Blüthenstielchen genannt. An solchen Blüthenständen stehen die Verästelungen in den Achseln der zu Deckblättern (Bracteen) umgebildeten Blätter, welche stets kleiner als die wahren Blätter, oft anders gefärbt und häufig nur in Form von Schuppen vorhanden sind. Hinfällig werden dieselben genannt, wenn sie bald nach der Entwickelung des Blüthenstandes abfallen.

Die Stellung der Aeste der mannigfachen Blüthenstände läßt sich auf die gleichen Gesetze zurückführen, die wir bei der Blattstellung kennen lernten. Aus dem Gesetze, daß jede Blume eine Achse begrenzt, lassen sich aber zwei, ihrem Wesen nach durchaus verschiedene Entwickelungsweisen der Blüthenstände nachweisen.

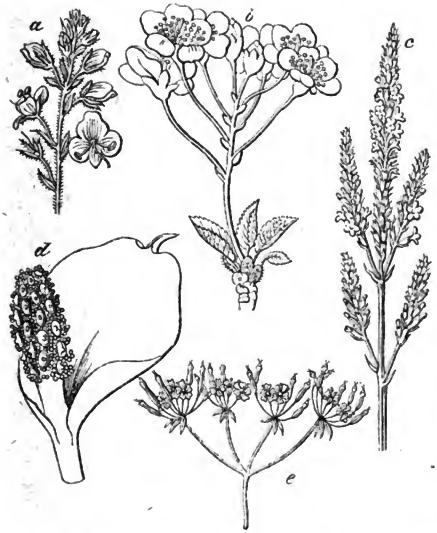
a. Centripetale Blüthenstände.

Bei dieser ersten Reihe entwickelt sich die Hauptachse eines Blüthenstandes, ähnlich wie jeder andere Zweig, indem er an seiner Spitze ein unbegrenztes Wachsthum zeigt und seitlich Blüthenstiele mit ihren Spitzenblumen entwickelt, deren Blumen in der Reihenfolge von unten nach oben aufblühen. Eine solche Entwickelung des Blüthenstandes nennt man eine unbegrenzte oder centripetale Entwickelung.

Digitized by Google

Die Blüthenstände selbst, die dieser Entwickelung folgen, sind von sehr mannigfacher Form. Ist die Hauptachse des Blüthenstandes entwickelt und einfach in gleich lange Aeste (Blüthenstiele) verästelt (Fig. 13 a), so nennt man den Blüthenstand eine Traube. Sind dabei die unteren Blüthenstiele länger als die oberen, so daß die Blumen in eine gleiche Ebene treten, so entsteht dadurch die Doldentraube (Fig. 13 b). Die Dolde entsteht aus letzterer, durch Fehlschlagen oder Nichtentwickelung der Stengelglieder der Hauptachse. Dadurch werden die untersten Aeste der Hauptachse zu den äußersten und auch die Entwickelung der Blumen schreitet von außen nach innen fort. Wiederholt sich dieß Verhältniß auch an den Blüthenästen, so entsteht dadurch die zusammengesetzte Dolde unserer Doldengewächse (Fig. 13 e). Die am Grunde der Verästelungen befindlichen Deckblättchen nennt man bei den Doldengewächsen Hülle.

Fig. 13.



Aehre wird ein traubenförmiger Blüthenstand mit sitzenden oder fast sitzenden Blumen genannt; wiederholt sich dieß Verhältniß, so entsteht daraus die verästelte Aehre (Fig. 13 c). Verästelte Aehren und Trauben erhalten den Namen Rispe, wenn die untersten Aeste länger als die oberen und dadurch der ganze Blüthenstand eine lockere Pyramide bildet. Rispen mit sehr dicht gedrängten Blumen nennt man Strauß.

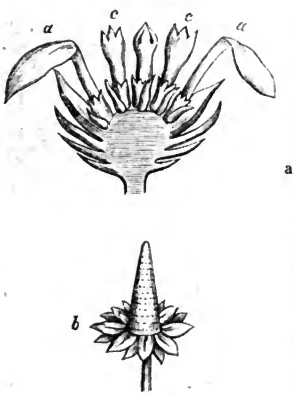
Kolben ist eine Aehre mit verdickter Achse, in welche die Blumen theilweise eingesenkt sind. Oft ist derselbe, wie bei Calla, noch durch ein scheidiges tutenförmiges Deckblatt, die Tute (Fig. 13 d), gestützt.

Kätzchen nennt man die dichtgedrängten walzenförmigen Blüthenähren der Haselnuß, Birke und anderer Bäume, welche nur aus unvollkommenen Blumen bestehen; Zapfen ist ein Kätzchen mit weiblichen Blumen, dessen Deckschuppen verholzen und die später die Samen umschließen, wie beim Tannenzapfen; Grasährchen sind die zu kleinen Aehrchen vereinigten Grasblumen, die wieder zu verästelten Aehren, Rispen ꝛc. zusammengeordnet sind.

Digitized by Google

Der Blüthenkopf ist eine Aehre oder Traube mit sehr verkürzter Hauptachse, wodurch ein dichtgedrängter runder oder ovaler Blüthenstand entsteht. Oft ist derselbe, wie bei dem Dipsaceen, nach unten mit einer Hülle umgeben und geht dann allmälig zum Körbchen der Compositen über. Dieses letztere besteht aus einer sehr verkürzten Blüthenachse von conischer Form (Fig. 14 b) oder von flächenartiger Ausbreitung (Fig. 14 a), was man Blüthenboden nennt. Die Ausbreitung dieses Blüthenbodens kann oft sehr bedeutende Dimensionen erhalten, wie z. B. bei der Sonnenblume. Auf dem Blüthenboden stehen die Blumen in einem bis vielen dichtgedrängten concentrischen Kreisen oder Wirteln. Fig. 14 b zeigt den conischen Blüthenboden einer Rudbeckia. Die Punkte bezeichnen die Stellen, an denen Blüthen saßen. Fig. 14 a ist der Durchschnitt durch einen mehr flach ausgebreiteten Blüthenboden. Man sieht darauf die Blumen stehen, jede noch gestützt durch ein kleines Deckblatt. Diese Deckblättchen, welche man bei den Compositen Spreublättchen nennt, können auch nur in der Andeutung vorhanden sein oder ganz fehlen (spreublättriger, haariger, grubiger, kahler Blüthenboden). Die Entwickelung der Blumen geht von außen nach innen.

Fig. 14.



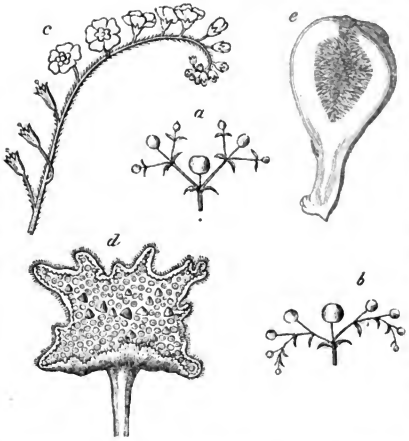
Nach außen umgibt eine Hülle, welche einfach ist oder aus mehreren Kreisen schindelartig über einander liegender Blättchen besteht, den Blüthenboden. So ist jeder Blüthenkorb einer Composite, wie z. B. unsers Löwenzahns, der Dahlie ꝛc., nicht etwa eine einzelne Blume, für welche sie der Unkundige oft nimmt, sondern ein oft aus einer sehr beträchtlichen Zahl von Blumen bestehender Blüthenstand.

b. Centrifugale Blüthenstände.

Die centrifugalen oder begrenzten Blüthenstände bilden die zweite Reihe von Blüthenständen von durchaus verschiedener Entwickelung. Hier wird die Hauptachse des Blüthenstandes durch eine Blume begrenzt, an dem zunächst nach unten gelegenen Knoten entwickeln sich gegenständige Blüthenstiele, die wieder derselben Entwickelung folgen u. s. f. (Fig. 15 a). Auf diese Weise entsteht die Trugdolde der Alsine-Arten und anderer. Selten ist aber die Entwickelung derselben so durchaus regelmäßig wie Fig. 15 a schematisch zeigt; so entsteht zum Beispiel der einseitige, nach außen eingerollte Blüthenstand des Vergißmeinnichts und aller andern Borragineen (scorpionschwanzartiger Blüthen-

Digitized by Google

Fig. 15.



stand) dadurch, daß sich immer nur nach unten und außen unter der Spitzenblume wieder eine neue Blume entwickelt, wovon Fig. 15 b die schematische und Fig. 15 c die Darstellung, wie sie sich in Wirklichkeit verhält, gibt.

Durch zufällige Entwickelung von Beiaugen oder Fehlschlagen der einen oder andern Blüthenäste können noch eine Masse anderer Modifikationen herbeigeführt werden, — ja durch partielle oder gänzliche Nichtentwickelung der Blüthenachse (der Hauptachse so wie der Blüthenstiele erster und zweiter Ordnung) können viele Formen von Blüthenständen erzeugt werden, die denen, welche bei der unbegrenzten Entwickelung geschildert wurden, sehr ähnlich sind. Leicht wird man dieselben aber stets daran erkennen können, daß bei den unbegrenzten die Entwickelung von unten nach oben oder von außen nach innen, bei den begrenzten aber von oben nach unten oder von innen nach außen geht. So ist z. B. der eigenthümliche Blüthenstand der Dorstenia, welcher auf scheibenartig ausgebreitetem Blüthenboden die Blüthchen trägt (Fig. 15 d), ein begrenzter Blüthenstand, weil die Blüthen desselben sich von innen nach außen entwickeln. Krümmt sich der scheibenförmige Blüthenstand der Dorstenia mit den Rändern nach innen und schließt sich nach außen, so entsteht dadurch jener merkwürdige Blüthenstand der Feige (Fig. 15 e, eine durchschnittene Feige), der als Feigenfrucht allgemein bekannt ist. Es ist dieß ein nach innen blühender Blüthenstand, der mit der freien Luft nur durch eine kleine Oeffnung in der Spitze kommunizirt.

Gemischte Blüthenstände endlich nennt man alle jene, wo die Hauptachse einem andern Gesetze der Entwickelung folgt, als die Nebenachsen. So entstehen meistens straußförmige Blüthenstände von verschiedener Form, wenn die Hauptachse sich unbegrenzt und die Nebenachsen sich begrenzt entwickeln, wie z. B. die Blüthenstände der Labiaten und Personaten, des Fuchsschwanzes ꝛc.

Die Scheindolde (Knäuel, Doldentraube), eine zusammengesetzte Doldentraube, entsteht durch begrenzte Entwickelung der Hauptachse und unbegrenzte der Nebenachsen.

Besondere Formen von Blüthenständen sind endlich:

Digitized by Google

Der Schaft, ein aus einem Stock zwischen Wurzelblättern hervortretender blattloser Blüthenstand, wie der Blüthenstand aller Zwiebelgewächse, der Schlüsselblumen ꝛc. Oft kann derselbe auch nur einblumig sein, die Art seiner Entwickelung kann dann durch die zunächst verwandten Pflanzen bestimmt werden.

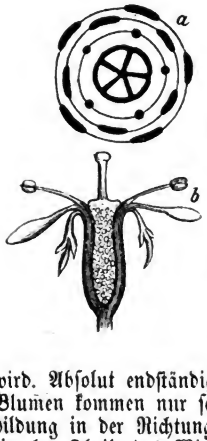
Die Blüthenhäufchen der Farrenkräuter, auf der Rückseite der blattartigen Aeste dieser Pflanzen, treten in Blüthenständen mannigfacher Art auf. Bei näherer Betrachtung der Farren werden wir dieselben genauer besprechen.

2. Die Blüthenblattkreise und deren Stellung.

Die vollkommen entwickelte Blüthe besteht aus vier Blattwirteln, welche von unten nach oben, wenn wir uns die Blüthenachse verlängert denken (wie dieß Fig. 4 zeigt), oder von außen nach innen, sobald die Blüthenachse sehr verkürzt oder scheibenartig ausgebreitet, als Kelch (Fig. 4 c), Blumenkrone (Fig. 4 f), Staubfäden (Fig. 4 g) und Stempel (Fig. 4 h) unterschieden werden. Die Zahl der Wirtelblätter jedes einzelnen Kreises ist verschieden, bei den zweisamenlappigen Pflanzen (Dikotyledonen) herrschen die Zahlen 5, 10, 4, 8 vor, bei den einsamenlappigen dagegen 3 und 6.

In der Stellung der Wirtel zu einander herrscht das Gesetz der Abwechslung (Alternanz), d. h. es steht jedes einzelne Glied eines bestimmten Wirtels genau in der Mitte zwischen je zwei Gliedern des vorhergehenden und folgenden Wirtels. Fig. 16 a gibt den Grundriß einer regelmäßigen fünfgliedrigen Blume. Das Zentrum nimmt der Stempel mit fünf Fruchtblättern ein, die Stellung der darauf folgenden Staubfäden, Blumenblätter und Kelchblätter ist nur angedeutet.

Fig. 16.



Solche durchaus regelmäßige Ausbildung wird jedoch sehr häufig durch Anomalien aller Art gestört, die durch ungleichmäßige Ausbildung, gänzliches Fehlschlagen, Vervielfältigung der einzelnen Kreise, oder Verwachsungen bewirkt werden.

Hiernach unterscheidet man die Blüthen als vollständig, wenn alle Wirtel ausgebildet, unvollständig, wenn ein oder mehrere Wirtel fehlschlagen; regelmäßig, wenn die Ausbildung der Glieder jedes einzelnen Wirtels durchaus gleich groß oder symmetrisch, und unregelmäßig, wenn die Symmetrie der Blume durch ungleiche Ausbildung einzelner Theile gestört wird. Absolut endständige Blumen sind stets regelmäßig, unregelmäßige Blumen kommen nur seitenständig vor, wobei die unregelmäßige Ausbildung in der Richtung von der Achse weg stattfindet. Dabei können einzelne Theile des Wirtels oft nur in der Andeutung vorhanden sein.

Digitized by Google

Die Umbildung von unregelmäßigen Blumen zu regelmäßigen (Peloria-Bildung) ist nicht selten.

Das gänzliche Fehlschlagen einzelner Glieder eines Wirtels oder ganzer Wirtel (wodurch die Blume bisweilen auf einen einzigen Wirtel reduzirt werden kann), wird durch die Stellung der Wirtelglieder am leichtesten erkannt. Wo z. B. statt der normalen Alternanz zweier auf einander folgender Kreise die gegenüberstehende Stellung stattfindet, kann man stets auf einen zwischen beiden Wirteln fehlgeschlagenen Wirtel schließen.

Ein noch häufigerer Fall ist es, daß der eine oder andere Kreis der Blüthenwirtel sich verdoppelt, verdreifacht ꝛc. Besonders häufig ist dieser Fall bei den Staubfäden, Fruchtblättern ꝛc., und es entsteht diese Verdoppelung ꝛc. durch Auftreten mehrerer Wirtel, die dann aber häufig nicht mehr in abwechselnder Stellung, sondern in spiraliger stehen, wie bei der Seerose.

Die einzelnen Glieder der Wirtel können sich nun alle frei entwickeln, oder sie können die mannigfachsten Verwachsungen mit einander eingehen. Die gewöhnlichste, die Symmetrie der Blume nicht störende Verwachsung ist die des Grundes der einzelnen Blätter je eines Wirtels, wodurch die Kelchröhre, die Blumenkronenröhre, die Staubfädenbündel, die mehrfächerige Frucht ꝛc. entstehen.

Ungleichartige Verwachsungen der einzelnen Theile unter einander bedingen unregelmäßige Blumen. Durch Verwachsungen der über einander stehenden Wirtel endlich wird scheinbar das Stellungsverhältniß der Blüthenwirtel zu einander abgeändert.

Bei der normal ausgebildeten Blume stehen alle Blüthenwirtel auf der sehr verkürzten Blüthenachse (Blüthenboden) und der Stempel ist der innerste und oberste Theil der Blüthe. Man nennt solche Blumen daher auch Blumen mit oberständigem (freiem) Fruchtknoten. Verwächst nun die Kelchröhre mit all den folgenden Wirteln und auch dem Stempel, so müssen natürlich Blumenkrone und Staubfäden auf dem Kelchrande stehen. Geht dabei die Verwachsung der Kelchröhre bis zur Spitze des Fruchtknotens, wie dieß Fig. 16 b zeigt, so nennt man den Fruchtknoten unterständig, die Insertion von Staubfäden und Blumenkrone aber epygynisch, wie bei der Rose, dem Apfel ꝛc. Geht die Verwachsung nur bis zur Hälfte des Fruchtknotens, so wird dieser halbunterständig, jene aber perygynisch oder umständig inserirt genannt. Es kann nun aber auch die Kelchröhre nur mit der Blumenkrone und den Staubfäden (wie bei dem Steinobst), oder die Blumenkrone nur mit den Staubfäden (wie bei den Lippenblumen), oder der Stempel mit den Staubfäden (z. B. bei den Orchideen) u. s. f. verwachsen, wodurch viele für die systematische Botanik wichtige Unterschiede bedingt werden, deren einige wir bei der nun folgenden Betrachtung der einzelnen Wirtel kennen lernen werden.

3. Der Kelch.

Der Kelch ist der äußerste Wirtel der Blüthe, die einzelnen Blättchen desselben heißen Kelchblätter. Diese nähern sich gewöhnlichen

Digitized by Google

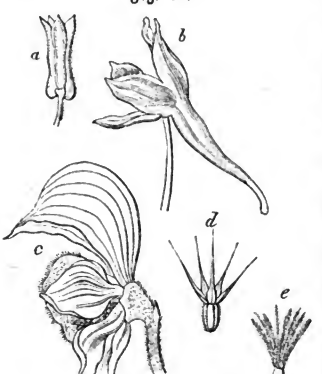
Blättern mehr als die andern Wirtelblätter der Blüthe, sind meist grün, sitzend, blattartig, und es gehen die Deckblättchen oft unmittelbar in dieselben über oder bilden zuweilen, wenn sie wie bei den Malven außerhalb des Kelches in einen besondern Wirtel gestellt sind, den Außen- oder Doppelkelch.

Die Funktion des Kelches ist offenbar die gleiche wie die der äußeren Knospenschuppen, nämlich die Blume zu umhüllen und deren Ausbildung zu schützen. Bei seiner Entwickelung decken sich die einzelnen Blättchen desselben entweder schindelartig mit ihren Rändern, oder sie berühren sich nur mit ihren Rändern, was man durch klappig bezeichnet.

Oft verliert der Kelch jedoch seine blattartige Beschaffenheit, färbt sich und wird, wie z. B. beim Ackelei, blumenkronenartig. In dieser Gestalt läßt er sich durch seine dem äußern Kreis der Staubfäden entgegengesetzte Stellung, so wie durch Vergleichung mit verwandten Gattungen, immer noch leicht als wahrer Kelch erkennen, selbst wenn, wie bei Anemone, die Blumenkrone ganz fehlgeschlagen sein sollte. Dennoch hat man, eigentlich logisch unrichtig, die Mehrzahl der Fälle, wenn die Blumenkrone sich entweder gar nicht ausgebildet hat, oder wenn die Kreise von Kelch und Blumenblättern durch die Form einander ähnlich oder gar mit einander verwachsen sind, auch den Kreis der Kelch- und Blumenblätter nicht mehr geschieden, sondern faßt sie mit dem gemeinsamen Namen Blüthenhülle zusammen, deren Formen wir am Schluß dieses Kapitels flüchtig betrachten wollen.

Andere Unregelmäßigkeiten des Kelches treten durch Verwachsungen ꝛc. auf, wie dieß im allgemeinen Theile bereits angegeben wurde. Man unterscheidet darnach den Kelch als mehrblätterig, einblätterig, frei, verwachsen, regelmäßig, unregelmäßig ꝛc., Fälle, die auch bei der Blüthenhülle und der Blumenkrone wiederkehren, und von denen wir einzelne spezielle Formen bei der letztern kennen lernen werden. Als einzelner besonderer Formen wollen wir noch des Sporns, Helms und der Haarkrone gedenken.

Fig. 17.



Der Sporn entsteht aus einer Verlängerung des Grundes. Ist dieselbe nur gering, wie z. B. bei unserer Winter-Levkoie (Fig. 17 a), wo zwei gegenüberstehende Kelchblätter am Grunde verlängert sind, so nennt man dieß sackartig. Aus der Verlängerung eines solchen Sackes in ein Horn entsteht der eigentliche Sporn, wie z. B. aus dem gemeinsamen Grunde der verwachsenen gefärbten Kelchblätter der Kapuzinerkresse (Fig. 17 b).

Digitized by Google

Der Helm entsteht durch ungleichartige kappenartige Ausbildung eines der gefärbten Kelchblätter, wie dieß beim Sturmhut Fig. 17 c der Fall ist. Wie sehr bei dieser Pflanze die einseitige Ausbildung der Blüthendecken überwiegt, davon wird uns auch noch die Blumenkrone ein Beispiel liefern.

Die Haarkrone des Baldrians, des Löwenzahns und vieler Compositen ist ebenfalls eine besondere Bildung des Kelches. Die Röhre des letztern ist nämlich mit der Frucht verwachsen und sein Saum steht auf der Spitze der Frucht in Form von zahnförmigen oder gegrannten Blättchen (Fig. 17 d), welche sich in anderen Fällen in ein bis mehrere Kreise von Haaren und Borsten auflösen, die nochmals mit Haaren besetzt sein können (Fig. 17 e). Man nennt darnach diese Haarkrone spreuig, borstig, stachelig, haarig, federig ꝛc.

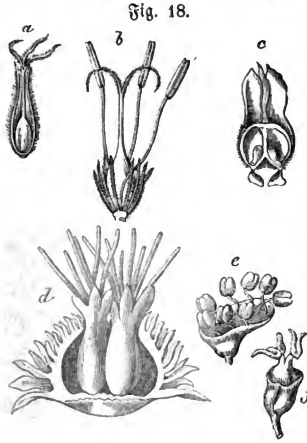
In Bezug auf seine Dauer wird der bald nach der Entwickelung abfallende Kelch hinfällig, und im entgegengesetzten Falle stehenbleibend genannt. Alle mit der Frucht verwachsenen Kelche sind natürlich stehenbleibend und bedingen durch ihr ferneres Wachsthum oft eigenthümliche Fruchtformen; die Zipfel des Kelches können aber auch bei verwachsenen Kelchen, wie bei Eucalyptus, bald nach dem Aufblühen abfallen.

Blüthenhülle oder das Perigon besteht, wie wir zeigten, bald nur aus Kelch, bald aus Kelch und Blumenkrone, wenn diese scheinbar in einen Wirtel verschmolzen oder auch verwachsen sind.

Kelchartig nennt man das Perigon, wenn es durch grüne Färbung und unscheinbare Ausbildung einem Kelche ähnelt. Blumenartig aber nennt man alle die Blüthenhüllen mit blumenkronenartigen Hüllblättern.

a. Das kelchartige Perigon und nackte Blumen.

Fig. 18.



Das kelchartige Perigon ist in den meisten Fällen ein wirklicher Kelch, indem die Blumenkrone nur durch Fehlschlagen verloren ging, so bei der Melde, dem Sauerampfer, den Gänsefuß-Arten ꝛc. Bei unseren getrennt geschlechtlichen, in Kätzchen blühenden Waldbäumen tritt das Perigon oft in eigenthümlichen Formen auf, so bildet es bei der Pappel (Fig. 18 f eine weibliche und 18 e eine männliche Blume, beide vergrößert) eine becherartige Hülle, welche in den männlichen Kätzchen die Staubfäden trägt, in den weiblichen den Fruchtknoten halb umgibt; gestützt wird dasselbe in beiden Fällen durch eine geschlitzte Bractee. Bei der Eiche, der Hasel-

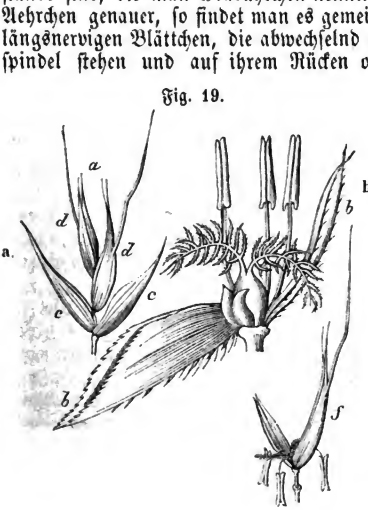
Digitized by Google

nuß, der Kastanie und anderen vereinigen sich diese Bracteen am Grunde einer oder mehrerer weiblicher Blumen zu jenen becherförmigen, die Frucht am Grunde umschließenden Hüllen. Bei der ächten Kastanie stehen zwei bis drei Blumen mit flaschenförmigem gezähntem Perigon (Fig. 18 d) in dieser Becherhülle. Bei anderen Kätzchen tragenden Pflanzen ist das Perigon nur auf eine Schuppe reduzirt oder fehlt ganz, so ist es an den männlichen Blumen der Birke schuppenförmig und an den weiblichen Blumen des gleichen Baumes fehlt es ganz. Eben dieß ist auch bei den Tannenarten der Fall, wo jede Deckschuppe des weiblichen Zapfens zwei durchaus nackte Fruchtknoten trägt (Fig. 18 c, die Schuppe mit zwei weiblichen Blumen eines Zapfens der Lerche). Solche jeder Blumenhülle gänzlich entbehrende Blumen nennt man nackt.

Bei den grasartigen Pflanzen nimmt die Blüthenhülle ebenfalls ganz besondere Gestalten an. So tritt sie bei den Riedgräsern als ein häutiger, die Frucht gänzlich umgebender Schlauch auf (Fig. 18 a, der Durchschnitt einer weiblichen Blume eines Carex), und bei den Binsengewächsen (Fig. 18 b), den Wollgräsern und anderen spaltet sie sich bis zum Grunde in Borsten oder ganz feine Haare. (Bei der Federkrone ging nur der oberständige Kelchrand diese Bildung ein, hier aber ist es das ganze unterständige Perigon.)

Noch eigenthümlicher ist die Bildung der Grasblüthe. Wir haben schon früher erwähnt, daß die kleinen Aehrchen, welche z. B. die Aehre des Weizens zusammensetzen, keine einzelnen Blumen, sondern Blüthenstände sind, die man Grasährchen nennt. Untersucht man nun ein solches Aehrchen genauer, so findet man es gemeiniglich aus kleinen kahnförmigen längsnervigen Blättchen, die abwechselnd und zweizeilig an einer Blüthenspindel stehen und auf ihrem Rücken oder an der Spitze oft in lange stachelartige Spitzen (Grannen) ausgehen, zusammengesetzt. Von diesen stehen zwei am Grunde jedes Aehrchens (Fig. 19 a, bei c c gibt die diese Bildung nach dem Aehrchen des Hafers) und umschließen die einzelnen abwechselnd gestellten Blüthen (Fig. 19 d d), deren jede wieder aus je zwei Blättchen gebildet wird (Fig. 19 f). Jedes dieser Blattpaare besteht nach seiner Stellung aus einem untern und einem obern. Das untere ist fast immer größer und umschließt das obere.

Fig. 19.



Das den Grund des Grasährchens umschließende Blatt-

Digitized by Google

paar (Fig. 19 c c) nennt man Balg, und die einzelnen Blättchen desselben Balgspelzen (der Name Kelchspelzen ist unrichtig gewählt).

Die Zahl der Blüthen, welche der Balg umschließt, wechselt von einer bis zu vielen, welche dann wie die Balgspelzen abwechselnd zweizeilig gestellt sind. Jede derselben wird wieder aus zwei, den Balgspelzen mehr oder weniger in Gestalt und Stellung ähnlichen Blättchen gebildet (Fig. 19 f), die man Bälglein oder Blüthenspelzen nennt. Sie umschließen das Perigon und die Geschlechtsorgane. Biegt man nämlich die Blüthenspelzen ganz aus einander und wendet eine schwache Vergrößerung an (Fig. 19 b, die vergrößerte Blüthe eines Rispengrases, b b die beiden zurückgebogenen Blüthenspelzen), so erblickt man am Grunde des Fruchtknotens, gegenüber der kleinern Blüthenspelze, zwei kleine Schüppchen, welche als die einzigen Rudimente der Blüthenhülle (Lodicula), der Grasblüthe zu betrachten sind. Balg und Bälglein sind aber nichts als Scheidenblättchen, die den Bracteen anderer Blüthenstände entsprechen.

b. Das blumenkronenartige Perigon.

Dieses besteht meistens aus zwei Wirteln von Blättern, einem innern und einem äußern, und richtiger würde der äußere Kreis als Kelch, der innere als Blumenkrone bezeichnet. Da aber der äußere Kreis wie der innere gefärbt und oft auch ähnlich geformt, so hat man beiden den Namen blumenkronenartige Blüthenhülle zugetheilt. Dieselbe ist besonders den Familien der Monocotyledonen, so den Lilien, Schwertlilien, den Orchideen u. s. f. eigen. In der letztern Familie ist sie unregelmäßig, d. h. die drei äußern Blätter sind meistens gleich groß, von den drei innern sind aber nur die beiden obern gemeiniglich gleich gebildet, und das untere stellt die Lippe dar, welche bei den tropischen Orchideen oft ganz merkwürdige Formen annimmt, die wir in einem spätern Bande näher kennen lernen werden. Im Uebrigen schließen sich die Formen des Perigons an die eigentlichen Blumenkronen an.

4. Die Blumenkrone.

Die Blumenkrone ist der Wirtel von Blättern, der dem der Geschlechtsorgane unmittelbar vorausgeht. In ihr hat die Blattbildung die höchste Potenz in Schönheit und Zartheit der Form, in Eleganz und Zierlichkeit der Färbung erhalten.

In ihrer Stellung folgt sie dem Kelch, so wie sie dem Wirtel der Staubfäden vorausgeht. Nicht grüne Färbung und Zartheit der Form unterscheidet sie von allen anderen Blattformen, zu denen man sie jedoch durch monströse Formen zuweilen wieder zurückkehren sieht.

Die Anwesenheit einer Blumenkrone setzt immer die eines Kelches voraus; ein allmäliger Uebergang vom Kelch in die Blumenkrone findet bei einigen Pflanzen statt, wo beide aus mehreren Wirteln bestehen, so bei der weißen Seerose, den Cactus u. a. m. Die Blattlage in der Knospe theilt sie mit dem Kelche. Unter der geschindelten Blattlage

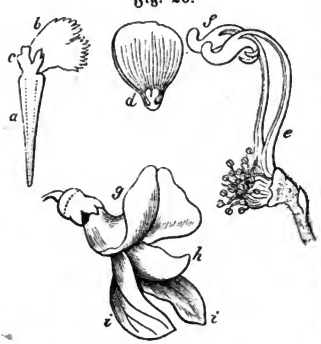
Digitized by Google

kommt aber eine ausgezeichnete Form, die mehreren Familien eigen ist, vor, es ist dieß die gedrehte der Blumen des Enzians, der Schwalbenwurz u. a. m.

Gehen die Blätter der Blumenkrone keine Verwachsungen ein, so nennt man die Blumenkrone mehr- oder vielblätterig und die einzelnen Blätter Blumenblätter. Sind die letztern unter einander verwachsen, so entsteht daraus die einblätterige Blumenkrone, an der aber die Spitzen der Blumenblätter, aus denen sie entstanden, sich noch erkennen lassen, entweder als Theilungen bis fast zum Grunde, mehr oder weniger tiefe Einschnitte, Zähne ꝛc.

Wie die gewöhnlichen Blätter bestehen auch die Blumenblätter aus dem Stiel, hier Nagel genannt, und der Blattfläche oder Platte. Besonders ausgebildet findet man diese beiden Theile bei den nelkenartigen Pflanzen. Fig. 20. a b c gibt ein solches Blatt, a ist der Nagel, b die gezähnte, bei andern oft lang wimperartig gespaltene Platte. Zwischen Platte und Nagel findet man aber öfters noch ein kleines zweispaltiges Schüppchen (Fig. 20 c), welches als ein Rudiment eines Nebenblattes betrachtet werden muß und ebensowohl auch tiefer unten inserirt sein kann. Wie beim Blatte der Stiel, so ist auch beim Blumenblatte der Nagel unwesentlich und in Folge dessen wird das Blumenblatt sitzend (Fig. 20 d). Sind hier Andeutungen des Nebenblattes vorhanden, so finden sie sich am Grunde des Blattes in Form von kleinen Schüppchen (Fig. 20 d), Drüsen, Zähnen ꝛc. Die Nebenblätter in dieser Form, wie auch andere Theile der Blumenkrone, welche Honig absondern, werden von ältern Botanikern Nectarien oder Honiggefässe genannt. Diesen Namen hat unter andern auch die ganz eigenthümliche Form der Blumenblätter des Sturmhuts fälschlich erhalten. Bei diesen entwickeln sich nämlich nur die zwei obern Blumenblätter, welche unter dem Helmblatte des Kelches liegen (Fig. 17 c), die andern schlagen fehl. Diese Blumenblätter besitzen einen stielförmigen Nagel (Fig. 20 e) und eine zusammengewickelte spornförmige Platte (Fig. 20 f). Ihrer Stellung nach sind es aber Blumenblätter und überhaupt sind alle als Nectarien früher bezeichneten Theile der Blume, bald nur Drüsen des Blumenbodens, bald Theile des Kelches oder der Blumenkrone.

Fig. 20.



Wenn nun einerseits die vielblätterige Blumenkrone durch Dasein oder Fehlen des Nagels, durch verschiedenartige Form der Platte und deren Theilung, durch Zahl der Blumenblätter und deren Insertion

Digitized by Google

schon eine mannigfache Gestalt annimmt, so wird dieselbe durch unregelmäßige Ausbildung der einzelnen Blumenblätter und partielle Verwachsung noch größer. Eine der häufigsten Formen der unregelmäßigen Blume ist die Schmetterlingsblüthe, wie sie bei den Hülsengewächsen, der Erbse, der Bohne ꝛc. vorkommt. Dieselbe besteht aus fünf Blumenblättern. Von diesen wird das oberste (Fig. 20 g) sehr groß und wird Fahne genannt, die beiden untern verwachsen meist mit ihren untern Rändern, legen sich kielartig zusammen und erhalten den Namen Kiel oder Schiffchen (Fig. 20 h) und die beiden seitlichen endlich treten flügelartig von der Blume ab (Fig. 20 i i) und heißen Flügel.

Bei der einblätterigen Blume wird die Form durch die der einzelnen Blumenblätter, die mit einander verwachsen, bedingt, der Grad der Verwachsung ꝛc. erzeugt fernere Unterschiede. Verwachsen lineare Blumenblätter mit einander, so entsteht dadurch die röhrige Blume (Fig. 14 c c); spaltet solch eine röhrige Blume nach innen der Länge nach auf, so entsteht daraus die Bandblume der Astern, der Dahlie u. a. m. (Fig. 14 a a). Verwachsen genagelte Blumenblätter (wie Fig. 20 a dieselben zeigt) mit ihren Nägeln, oder auch noch einem Theil der Platten, so entsteht dadurch die tellerförmige Blume unserer Phlox u. a. mit schmaler Röhre und flach ausgebreitetem Saume (Fig. 21 a). Durch Verwachsung mehr allmälig gegen den Grund verdünnter oder abgerundeter Blumenblätter entsteht die trichterförmige Blume des Stechapfels, die glockenförmige der Glockenblume ꝛc. Die Stelle, wo Saum (der Plattentheil) und Röhre sich trennen, nennt man Schlund. Schneidet man die Röhre solcher Blumen auf, so findet man in der Röhre (Fig. 21 b) oder an dem Schlund oder Grund häufig kleine Schüppchen von gleicher Entstehungsart wie bei den vielblätterigen Blumenkronen, die hier bisweilen den Schlund der Blume verschließen und dann Klappen genannt werden, oder sich in Form eines geschlossenen Kranzes, wie bei den Asclepiadeen, über den Schlund erheben. Radförmig wird eine tellerförmige Blume mit sehr kurzer oder gar keiner Röhre genannt, so die der Kartoffel.

Fig. 21.

Unter den unregelmäßigen einblätterigen Blumen wollen wir noch der Lippenblume und rachenförmigen Blume erwähnen. Die erstere, von der die Salbei (Fig. 21 d) ein Beispiel gibt, ist aus fünf Blättern entstanden, zwei derselben verwachsen zu der zweispaltigen Oberlippe, drei zur dreispaltigen Unterlippe. Die rachenförmige Blume des

Digitized by Google

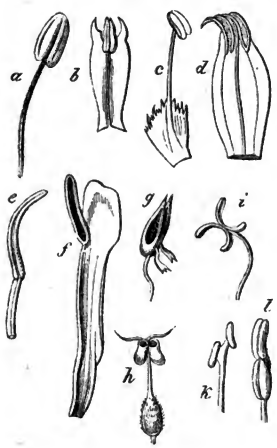
Löwenmauls (Fig. 21 e) unterscheidet sich von der Lippenblume nur dadurch, daß ihr Schlund durch eine Auftreibung, die man Gaumen nennt, geschlossen wird. Der Sporn und Sack, von ähnlicher Bildung wie wir ihn beim Kelche schilderten, tritt ebensowohl an einblätterigen als vielblätterigen Blumenkronen auf.

5. Die Staubfäden.

Auf die Blumenkrone folgt der oder die Wirtel der Staubfäden, unmittelbar vor den das Zentrum der Blume einnehmenden Wirtel der Fruchtblätter (Stempel) gestellt. In getrennt geschlechtlichen Blumen, wo die Fruchtblätter den männlichen Blumen gänzlich fehlen oder nur in Rudimenten vorhanden sind, stehen die Staubfäden vor den letztern oder nehmen das Zentrum der Blume ein.

Die Staubfäden bestehen ihrer gewöhnlichsten Form nach aus dem Träger oder Faden, dem mehr oder weniger lang gestreckten, meist fädlichen untern Theil, auf dessen Spitze der Staubbeutel oder die Anthere steht (Fig. 22 a). Letztere ist ein rundlicher oder länglicher, meist zweifächriger Körper, der in seinem Innern den Blüthenstaub oder Pollen enthält, mittelst dessen die Befruchtung des Stempels bewerkstelligt wird.

Fig. 22.



Diese Staubfäden, so verschiedenartig auch ihre Form, sind dennoch durch Umbildung aus Blumenblättern entstanden, wie dieß einerseits die gefüllten Blumen der Levkoie u. a. beweisen, wo alle Staubfäden sich wieder zu Blumenblättern zurückbilden, sowie andererseits auch in einzelnen vielwirteligen Blumen der allmälige Uebergang vom Blumenblatt zum Staubfaden deutlich verfolgt werden kann, so z. B. bei der weißen Seerose, von der Fig. 22 d das im Uebergang begriffene Blumenblatt und Fig. 22 e den vollständigen Staubfaden darstellt.

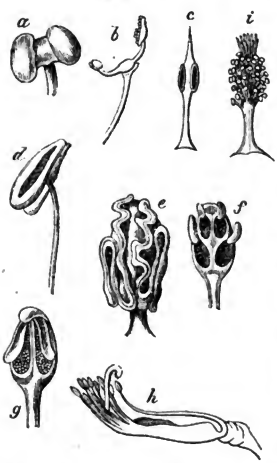
Der Faden oder Träger ist der unwesentliche Theil und kann oft fehlen, was durch sitzende Antheren bezeichnet wird. Er ist dem Blattstiel oder Nagel des Blumenblattes analog, mit oft sehr deutlich ausgebildeter Scheide, welche entweder wie bei Ornithogalum nutans (Fig. 22 b) unmittelbar die Anthere trägt und neben der Anthere in zwei Spitzen (Nebenblätter) ausgeht, oder wie bei manchen Laucharten, Zygophyllum foetidum (Fig. 22 c) u. a. aus der Spitze der Scheide erst noch in einem eigentlichen Faden ausgeht, welcher die Anthere trägt. Die beschreibende Botanik beachtet alle die verschiedenen

Digitized by Google

Formen der Träger, ob sie kurz, lang, pfriemlich, fädlich ꝛc., und nennt sie blumenartig, wenn sie alle, wie beim Cannarohr (Fig. 22 f), oder nur zum Theil, wie bei der weißen Seerose (Fig. 22 d), den Blumenblättern gleichen.

Die Anthere oder der Staubbeutel ist aus der veränderten Blattfläche entstanden, in deren Innern der Bildungsprozeß des Blüthenstaubes, den wir später im Speziellen kennen lernen werden, beginnt. Wie beim Blatt die Gefäßbündel des Stieles als Mittelrippe in die Blattfläche übertreten, so ist dieß auch bei der Anthere in ähnlicher Weise der Fall, indem hier der Träger gleichsam als Achsentheil in die Anthere übertritt und die Scheidewand zwischen den beiden Antherenfächern bildet (Fig. 22 a, Fig. 23 c). Man nennt die Fortsetzung des Trägers in die Anthere, welche aber oft ähnlich wie beim Blatte gegliedert sein kann, das Connectiv, und die im normalen Falle zu beiden Seiten desselben befindlichen Fächer mit Blüthenstaub, die den Flächen des Blattes zu beiden Seiten des Mittelnervs entsprechen, die Fächer der Anthere.

Fig. 23.



Nicht immer sind beide Fächer ausgebildet, oft kann eines derselben fehlschlagen und dann wird die Anthere einfächerig, so beim Cannarohr (Fg. 22 f), wo das fehlgeschlagene Fach durch einen Lappen, und beim Salbei, wo es durch eine Drüse (Fig. 23 b) angedeutet ist. Da wo beide Fächer ausgebildet sind, können dieselben entweder ihrer ganzen Länge nach an das Connectiv angewachsen sein (Fig. 22 b, e, Fig. 23 c), oder dieselben treten an der Spitze frei aus einander, wie beim gemeinen Heidekraut (Fig. 22 g), oder am Grunde (Fig. 22 a, h), oder an Grund und Spitze, wie beim Fuchsschwanz (Fig. 22 i).

Dabei kann die Spitze der Fächer in Spitzen (Fig. 22 g), oder in Borsten wie bei der Bärentraube (Fig. 22 h) ausgehen; der Grund aber kann bald eine herzförmige Gestalt (Fig. 22 c, h), bald eine speer- oder pfeilförmige Gestalt durch das Auseinandertreten der Fächer annehmen, oder es finden sich auch wohl, ähnlich wie an der Spitze, am Grunde der Fächer Fortsätze verschiedenartiger Form (Fig. 22 g).

Eine andere Reihe verschiedenartiger Formen kann durch Verbreitung oder Verlängerung des Connectivs und Verwickelung der Antherenfächer bedingt werden. Durch ein mehr in die Breite wachsendes Connectiv werden zunächst die Fächer einfach aus einander gerückt, wie Fig. 23 a

Digitized by Google

an der Melisse dieß zeigt. Wird das Breitewachsthum des Connectivs bedeutender, so erhalten wir dadurch die zweischenkelige Anthere der Garten-Salbei, deren Connectiv auf den Träger eingelenkt ist (Fig. 23 b) und deren zwei Antherenfächer durch dieses bedeutende Breitewachsthum wie auf zwei Armen aus einander gerückt werden. Freilich ist dabei nur das eine Antherenfach vollständig ausgebildet, das andere ist nur in Form einer Drüse angedeutet.

Findet dieses Breitewachsthum des Connectivs in mehr schiefer Richtung statt, so erhalten wir dadurch die schief über einander gestellten Antherenfächer der Rhytiglossa (Fig. 22 k) und anderer Acanthaceen, aus denen dann die über einander gestellten Antherenfächer der Monarda (Fig. 22 l) entstehen.

Auch durch Verlängerung des Connectivs über die Antherenfächer hinaus entstehen oft sonderbare Formen der Anthere, so verlängert es sich bei Asarum (Fig. 23 c) in einen stachelartigen Fortsatz, bei andern in eine Scheibe ꝛc.

Außerdem bestimmt die gemeiniglich längliche, seltener runde Form der Antherenfächer die Gestalt der Anthere; bei den gurkenartigen Pflanzen sind dte Antherenfächer labyrinthförmig hin- und hergekrümmt, so bei dem Flaschenkürbis Fig. 23 e.

Sobald die Anthere gereift, tritt der Blüthenstaub aus derselben hervor. Die Antherenfächer öffnen sich dabei gewöhnlich mit einem Längsriß, der dem Blattrande entspricht (Fig. 22 a, Fig. 23 d), oder mit einem Loch (Fig. 22 g und h), oder mit einer Klappe, wie beim gewöhnlichen Lorbeer (Fig. 23 g), oder mit doppelten Klappen, wie beim Zimmet (Fig. 23 f). Außerdem nennt man nach innen aufspringend alle diejenigen, die sich gegen den Stempel hin öffnen, und nach außen aufspringend alle in der Richtung gegen die Blumenkrone aufspringenden Antheren. Aufrecht nennt man alle unmittelbar von der Spitze des Trägers sich erhebenden Antheren, aufliegend dagegen die nach Art des schildförmigen Blattes oberhalb des Grundes angehefteten (Fig. 23 d). Letztere sind oft noch gegliedert, bewegen sich hin und her und werden daher beweglich genannt.

Endlich zeigen noch die Staubfäden in Bezug auf Insertion, Verwachsungen, Stellung, Längenverhältniß und Blüthenstaub vielfache Abweichungen.

In ersterer Beziehung werden sie wie Kelch und Blumenkrone als oberständig, unterständig, kelchständig ꝛc. unterschieden. Sehr häufig verwachsen sie aber auch mit der Blumenkrone und sind dann blumenkronenständig. Besonders häufig ist letzteres bei allen einblätterigen Blumenkronen. Seltener verwachsen sie mit dem Stempel, wie bei den Orchideen, einen Fall, den wir später bei Betrachtung dieser eigenthümlichen Familie näher beleuchten wollen. Außerdem sind die Staubfäden und Antheren unter sich entweder frei, oder die Staubfäden verwachsen wie bei den Malven zu einem Bündel (Fig. 23 i), (monadelphisch oder einbrüderig), oder zu zwei Bündeln (dia-

Digitized by Google

delphisch oder zweibrüderig), wie dieß z. B. bei den meisten Hülsengewächsen in der Form der Fall ist, daß ein Staubfaden frei bleibt und die andern neun zu einem Bündel verwachsen (Fig. 23 h); oder sie verwachsen zu mehreren Bündeln (polyadelphisch oder mehrbrüderig), wie dieß z. B. so elegant die Gattung Melaleuca u. a. zeigen. Verwachsungen der Staubbeutel unter sich kommen z. B. bei den Compositen, dem Gedenkemein, vielen Lippenblumen u. s. f. vor, entweder zu einer den Griffel umgebenden Röhre oder nur seitlich mit den Rändern.

In Bezug auf die Stellung bilden sie entweder einen mit der Blumenkrone gleichzähligen abwechselnden Kreis, oder es verdoppelt und vervielfacht sich derselbe auch häufig. Geringere Zahl der Staubfäden im Verhältniß zur Zahl der Wirtelblätter der Blumenkrone kommt ebenfalls vor, beruht aber immer auf Verkümmerung, wie z. B. bei den Lippenblumen regelmäßig einer, seltener drei Staubfäden der fünf fehlschlagen. Gemeiniglich findet man dabei noch die Rudimente der fehlgeschlagenen Staubfäden. In getrennt geschlechtlichen weiblichen Blumen sind diese verkümmerten Staubfäden oft ziemlich stark ausgebildet und werden dann Staminodien genannt.

Im Längenverhältniß weichen die Staubfäden oft in der Weise ab, daß z. B. die zwei Staubgefässe des äußern Kreises der kreuzblumigen Pflanzen, wie der Levkoien, der Kohlarten ꝛc., kürzer als die vier Staubfäden des innern Kreises sind. Man nennt daher die Staubfäden dieser Pflanzen auch viermächtige. Aehnliche Ungleichheiten sind auch bei allen unregelmäßigen Blumen häufig. So besitzen die Lippenblumen zwei längere, zwei kürzere und einen fehlgeschlagenen Staubfaden, weßhalb man sie zweimächtig nennt.

Den Blüthenstaub können wir erst später einläßlicher betrachten. Derselbe zerfällt entweder bei seiner Reife in ein feines Pulver (pulverig) oder er bleibt zu einer zähen Masse verbunden (wachsartig), wie bei den Orchisarten.

6. Der Stempel oder die Fruchtblätter.

Den innersten und obersten Kreis der Blüthenwirtel bilden die weiblichen Geschlechtstheile, die man in ihrer Gesammtheit durch Stempel oder Pistill und die einzelnen Glieder durch Frucht- oder Carpellarblätter bezeichnet. Durch Verwachsungen mit den äußeren Kreisen oder dieser unter einander werden dieselben jedoch häufig, wie wir oben sahen, tiefer als die andern Wirtel gestellt, in Wahrheit nehmen sie aber immer die Spitze der Blüthenachse ein.

Einfach nennt man den Stempel, der nur aus einem Fruchtblatt gebildet ist, zusammengesetzt heißt er, wenn er aus vielen unter sich freien oder verwachsenen Fruchtblättern besteht. In der Regel entwickeln sich so viel Fruchtblätter als Blumenblätter, oder ihre Zahl wird auf die Hälfte der letztern oder noch mehr reduzirt; seltener entwickeln sich viele, dann spiralig gestellte Kreise freier Fruchtblätter, wie bei Ranunculus, Potentilla und andern.

Digitized by Google

Der einfache Stempel ist aus einem einzelnen Fruchtblatt entstanden, das in seiner Bildung schon den gewohnten Blattformen ähnlicher und bei monströsen Bildungen sich zuweilen wieder vollständig in diese zurückbildet. Man denke sich ein gewöhnliches Blatt mit seinen Rändern zusammengebogen und mit diesen verwachsen, so entsteht daraus der einfache Stempel (Fig. 24 a b c). An diesem unterscheidet man den Fruchtknoten, den Griffel und die Narbe.

Fig. 24.

Der Fruchtknoten ist der unterste Theil (Fig. 24 a, die verwachsenen Ränder sind geöffnet), der da, wo die Ränder verwachsen, nach innen in seiner Höhlung die Eier (Samenknospen) entwickelt, und später die Samen umschließt. Derselbe entsteht aus der Blattfläche des Fruchtblattes.

Der Griffel (Fig. 24 b) ist der säulenförmige Körper, in welchen die Spitze des Fruchtknotens ausgeht. Die Höhlung des Fruchtknotens setzt sich in ihm als sehr kleine Höhlung (Griffelkanal) bis zur Spitze fort. Der Griffel entspricht der Blattspitze oder auch wohl bei zusammengesetzten Blättern dem Spitzenblatte, er ist aber unwesentlich und kann auch ganz fehlen.

Die Narbe (Fig. 24 c) ist die von der Oberhaut entblößte Spitze des Griffels. Zur Zeit der Befruchtung sondert sie eine klebrige Feuchtigkeit aus, an welcher der Blüthenstaub hängen bleibt.

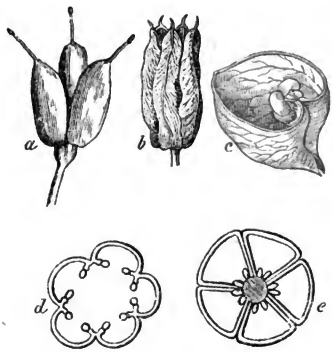
Die Art, wie die Umbildung des Blattes zum Fruchtblatte vor sich geht, beobachtet man besonders schön an monströsen Bildungen, bei denen die Fruchtblätter sich wieder zu gewöhnlichen Blättern zurückbilden. Wir geben hier das Beispiel von einer Potentilla, deren Blüthen diese Zurückbildung zeigten. Fig. 24 d ist ein normal gebildeter einfacher Stempel; am Grunde des Griffels bemerkt man eine kleine Anschwellung. Fig. 24 e gibt die Umbildung noch im ersten Stadium, der Fruchtknoten hat sich zum zweilappigen Blatt, der Griffel zum Mittellappen mit langer griffelähnlicher Spitze umgebildet. Fig. 24 f ist schon ein der Blattbildung näherer Zustand, ein dreilappiges Blatt, dessen Mittellappen dem Griffel entspricht. In noch höherem Grade ist dieß auf Fig. 24 g der Fall, wo sich am Grunde des Blattes auch der Scheidentheil mit den verwachsenen Nebenblättern entwickelt hat. Das normale Blatt der Potentilla ist bekanntlich ein fingerförmig zusammengesetztes. Von diesem fließen also bei dem Fruchtblatte die Fingerblätter in ein dreilappiges

Digitized by Google

Blatt zusammen, der Mittellappen, dem Spitzenblatt entsprechend, bildet den Griffel mit seiner basilaren Verdickung, die Seitenlappen aber vereinigen sich an ihren Rändern zum Fruchtknoten. Wie sehr in Fällen solcher Zurückbildungen die Fruchtblätter anderen Blättern ähnlich werden, dafür zeugt das häufige Auftreten eines Knöspchens in der Achsel in der Form eines Blättchens oder eines Fruchtknotens. Dieß beobachtete ich bei der erwähnten Potentilla und J. Schmitz beim weißen Klee.

Da wo die Ränder des Fruchtblattes sich treffen, bildet sich ein Wulst, den man Mutterkuchen oder Plazenta nennt, weil er in zwei Reihen (jede Reihe einem Blattrand entsprechend) die Eier trägt. Solche einfache Stempel besitzen z. B. alle unsere Hülsengewächse. Fig. 25 c gibt den Durchschnitt durch eine Blasenschote, wo man diese Bildung deutlich sehen kann. Die Menge der Eier, welche je eine Plazenta entwickelt, ist je nach den verschiedenen Pflanzen sehr verschieden und sinkt oft bis auf ein einziges herab.

Fig. 25.



In sehr seltenen Fällen schließt sich das Fruchtblatt nicht, sondern trägt die Eier frei auf seiner innern Seite, so bei den Zapfenbäumen (Fig. 18 c), die man deßhalb auch nacktsamige Pflanzen nennt.

Der zusammengesetzte Stempel ist in seinen Formen viel mannigfacher als der einfache. Derselbe besteht entweder aus einem Kreise freier Fruchtblätter oder einfacher Stempel, wie bei dem Sturmhut (Fig. 25 a), der Spierstaude und andern. Selten nur bleibt jedoch ein Kreis solcher Fruchtblätter durchaus frei, sondern es zeigen sich mannigfache Verwachsungen, die entweder nur bis zur Mitte reichen, wie bei einigen Nießwurzarten, oder fast bis zur Spitze des Fruchtknotens gehen, wie beim Ackelei (Fig. 25 b). Fließen bei einem derartigen zusammengesetzten Stempel die Fruchtknoten in einen einzigen zusammen, so können die Griffel noch frei bleiben und entspricht dann ihre Zahl der der Fruchtblätter, oder es können auch noch die Griffel (Fig. 26 a b) zu einem einzigen verwachsen, und dann ist gemeiniglich die Narbe in so viel Lappen getheilt als Fruchtblätter vorhanden sind, und zwar in der Weise, daß die Narben mit den Fruchtblättern abwechseln. Es sind dieß jedoch Gesetze, von denen es häufige Abweichungen gibt. Wenn die Lappen der Narbe sehr lang sind, wie z. B. bei den Disteln, so daß es gleichsam Aeste des Griffels zu sein scheinen, so nennt man sie Stylodien. Die Form der Narbe ist außerdem sehr mannigfach, wir erinnern nur an die federartig getheilte

Digitized by Google

Narbe der Gräser (Fig. 19 b) und andere. Fehlt der Griffel ganz, wie beim Mohn, der Seerose u. a. m., so ist die Narbe sitzend und die Zahl ihrer Strahlen deutet die Zahl der Fruchtblätter an.

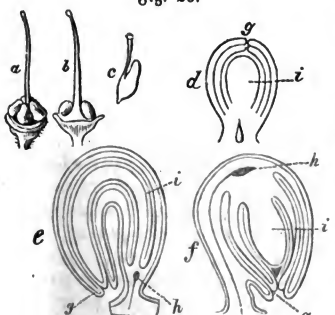
Die Verwachsung der Fruchtblätter eines zusammengesetzten Stempels geht nach zwei verschiedenen Gesetzen von statten. Entweder liegen die Fruchtblätter mit ihren Rändern klappig an einander (Fig. 25 d, ein Durchschnitt), und indem sie mit denselben verwachsen, stellen sie nur eine einzige Höhlung des Fruchtknotens dar, oder es schlägt jedes einzelne Fruchtblatt sich mit seinen Rändern ein, wie wir dieß beim einfachen Stempel sahen, und diese verwachsen mit ihren Seitenflächen (Fig. 25 e), wodurch eine eben so vielfächerige Frucht, als Carpellarblätter vorhanden, entsteht. Da nun die Fruchtblätter auch der verwachsenen Stempel, die Plazenten und Eier in weitaus der größten Zahl der Fälle auf ihren Rändern tragen, so entstehen dadurch gleichzeitig einerseits die wandständigen (Fig. 25 d), andererseits die mittelständigen oder zentralen Plazenten (Fig. 25 e).

Bei unterständigen Fruchtknoten, wie bei der Nachtkerze, dem Apfel und andern, überzieht auch noch die Kelchröhre den Fruchtknoten und nimmt an der Verwachsung Theil.

Zwischen diesen normalen Fällen gibt es nun aber manche Mittelbildung und Ausnahme; so ist z. B. der Fruchtknoten oft nur zur Hälfte in Fächer getheilt, wie beim Mohn und Polemonium, oder die Plazenten liegen nicht bloß am Rand des Fruchtblattes, sondern sind über die ganzen Scheidewände, wie beim Mohn, vertheilt, oder es tritt die Verlängerung des Blüthenstiels (Blüthenachse) in Form eines Mittelsäulchens wie bei den nelkenartigen Pflanzen in die Höhlung der Frucht ein und trägt die Plazenten und Eier u. s. f.

Häufig kommt es auch vor, daß der Griffel anscheinend nicht auf der Spitze des Fruchtknotens, sondern seitlich steht, so bei der Erdbeere (Fig. 26 c), bei den Lippenblumen, Borretsch-Arten (Fig. 26 a,

Fig. 26.



vier Früchtchen sind mit ihrer Basis an den mittelständigen Griffel befestigt, b der Durchschnitt).

Die seitliche Stellung des Griffels der Erdbeere erklärt das, was wir über Potentilla gesagt (Fig. 24 d bis g), der Griffel ist aus dem Spitzenlappen entstanden und der Fruchtknoten aus den Seitenlappen, welche noch seitlich vorstehen. Anders ist es bei den Lippenblumen. Hier steht der Griffel anfangs auf der Spitze zweier zu einem vierfächerigen Fruchtknoten verwachsenen Frucht-

Digitized by Google

blätter. Durch Zurückbleiben des Wachsthums der Innenseite und einseitige Entwickelung jedes der einzelnen Fächer nach außen wird der Griffel später seitlich gestellt.

Mehrwirtelig gestellte Fruchtblätter gehen im Allgemeinen selten Verwachsungen mit einander ein, wie dieß bei der Orange, der Granate ꝛc. der Fall ist, sondern es bildet sich gemeiniglich jedes einzelne spiralig gestellte Fruchtblatt zu einem einfachen Früchtchen oder Stempel aus, so bei Potentilla, Ranunculus u. a. m.

Es bleibt uns nur noch die Betrachtung der Eier oder Samenknospen übrig, aus denen durch die Befruchtung der Samen im Innern der Fruchthüllen reift. Man hat diese mit Knospen verglichen, und indem man auf das Beispiel von Bryophyllum hinwies, dessen Blätter in den Kerbzähnen Knospen entwickeln, angenommen, daß die Entwickelung der Eier an den Rändern des Fruchtblattes damit identisch sei. Andere, und dieser Ansicht war der Verfasser früher ebenfalls, wollten nicht von einem einzigen derartigen Beispiel auf alle Fruchtblätter zurückschließen und nahmen an, daß in allen Fällen die Achse des Blüthenstiels in Form der Plazenten in das Fruchtblatt übertrete, und hieraus erklärten sie die Knospenbildung der Fruchtblätter.

Gegenwärtig ist es mir aber mehr als zweifelhaft, daß man die Eier für den Knospen analoge Bildungen deuten kann. Als nicht den Knospen identische Bildungen sind sie der Frucht durchaus eigenthümliche Organe, deren Auftreten am Fruchtblatt selbst, wie an einem in die Fruchtblätter übertretenden Achsengebilde, dann nichts Auffallendes mehr besitzt. Der durchaus verschiedenartige Entwickelungsgang, ihre Weiterbildung durch die Befruchtung und endlich kein bis jetzt vorliegender Fall einer Umbildung des Eies zur Knospe veranlaßt mich zu dieser Ansicht.

Das Ei besteht zur Zeit der Blüthe aus einem zentralen zelligen Kern (Fig. 26 d e f, bei i stark vergrößerte Durchschnitte). Die Stelle, wo das Ei an die Plazenta angewachsen oder ursprünglich angewachsen war (Fig. 25 d e f bei h), nennt man Hagelfleck oder Chalaza. Der Kern des Eies ist nun von einer zweifachen Decke umgeben, welche, vom Grunde nach der Spitze wachsend, an der Spitze eine kleine Oeffnung frei läßt (Fig. 26 d e f bei g), die man Keimmund, Eimund oder Micropyle nennt, und meist auch am Samen noch wohl erkannt werden kann. Die Eier zeigen nun in Bezug auf die Lage des Hagelflecks und des Knospenmundes sehr bedeutende Abweichungen. Es liegt nämlich der Keimmund entweder, wie auf Fig. 26 d, der Chalaza unmittelbar gegenüber, dann nennt man das Ei geradläufig oder orthotrop, oder das Ei verlängert sich mehr und biegt sich mit dem Keimmund nach der Chalaza zurück, wie auf Fig. 26 e, solche Eier nennt man zusammengebogene oder krummläufige (camptotrope oder campylotrope) Eier; oder es verlängert sich endlich der an der Anheftungsstelle gelegene Stieltheil einseitig und verwächst zugleich mit dem Samen. Dadurch wird der Hagelfleck oder die ursprüngliche Anheftungsstelle immer weiter von der spätern Anheftungsstelle ver-

Digitized by Google

schoben und die Micropyle der letztern immer mehr genähert. wie auf Fig. 26 f. Derartige Formen nennt man umgewendete oder rückläufige (anatrope) Eier. Natürlich sind diese drei Formen nicht streng abgeschieden, sondern es kommen auch noch Mittelformen vor, die man durch halbgewendete oder hemianatrope, doppelwendige oder amphitrope Eier bezeichnet.

7. Die Frucht.

Mit der Befruchtung der Eier tritt eine neue Reihe von Erscheinungen ein. Die verschiedenartigen Blüthenhüllen haben damit ihren Zweck erreicht, Staubfäden, Blumenkrone, selbst die Griffel fallen ab oder verwelken, und nur der Kelch bleibt häufig stehen oder nimmt wie bei allen unterständigen Fruchtknoten an der Fruchtbildung Theil. Die Fruchtblätter selbst zeigen sehr mannigfache Weiterbildungen zur Frucht und im Innern derselben bildet sich das befruchtete Ei zu dem Samen aus.

Bei den einjährigen Pflanzen erlischt mit der Samenbildung das Leben der Pflanze, bei den perennirenden Pflanzen sterben die jährigen Stengel ab und selbst bei vielen Bäumen mit hinfälligem Laube tritt nach der Fruchtbildung der Blätterfall ein, Erscheinungen, die wie die Befruchtung selbst, wir später noch spezieller kennen lernen werden.

Da wo keine Befruchtung statt fand, fallen gemeiniglich die Blumen gänzlich ab, nur selten ist es, daß bei Nichtbefruchtung das Fruchtgehäuse sich dennoch ausbildet, aber unkeimfähige Samen enthält. Normal tritt dieser Fall nur bei einigen fleischigen kultivirten Früchten, so bei den Bananen, ein, außerdem beobachtet man ihn aber auch sehr häufig bei künstlichen Befruchtungen, worüber ebenfalls später mehr.

Die Fruchtschaale oder das Fruchtgehäuse, welches den oder die Samen einschließt, entsteht entweder nur aus den Fruchtblättern, oder wie allenthalben da, wo sich oberständige Kelche finden, zugleich noch aus den mit ihnen verwachsenen sämmtlichen Blüthenhüllen und der alles überziehenden Kelchröhre, oder es verwächst auch wohl die Fruchthülle mit den Samenschaalen, und dadurch werden jene Fruchtformen dargestellt, die sehr häufig, aber durchaus falsch, Samen genannt werden.

Die mannigfachen Formen der Frucht werden ferner durch die verschiedene Zahl und verschiedenartige Verwachsung der Fruchtblätter unter einander, so wie durch die verschiedenartige Weiterbildung des Fruchtgehäuses in Bezug auf seine Masse, das ganz oder theilweise entweder knochenhart, wie bei den Nüssen, trocken, wie bei den Kapseln, fleischig oder saftig, wie bei den Obst- und Beerenarten werden kann, und dann nur nach Außen oder Innen festere Schichten zeigt. Besonders bei den letztern Fruchtformen werden demgemäß drei Schichten der Fruchthülle unterschieden, nämlich die Außenschicht (Epicarp), die Mittelschicht (Mesocarp) und die Innenschicht (Endocarp), welche unter einander oft sehr verschiedenartige Ausbildung zeigen.

Digitized by Google

So ist der Stein der Pflaume, das Kernhaus des Apfels ꝛc. eine Bildung des Endocarps.

Nach diesen allgemeinen Betrachtungen wollen wir noch einen flüchtigen Blick auf die Fruchtformen selbst werfen.

A. Einkarpellige Früchte.

Hierher rechnen wir alle die Fruchtformen, wo der ganze Stempel nur aus einem Fruchtblatt besteht, ferner alle jene, wo bei einem mehr kapelligen Stempel jedes Fruchtblatt sich selbstständig zu einem Einzelfrüchtchen ausbildet, und endlich alle die, wo wohl mehrere Fruchtblätter an der Bildung der Fruchthülle Theil nehmen, aber die Frucht selbst nur einsamig ist. Die Hauptformen dieser Art treten in folgenden Gestalten auf.

a. Bei der Reife aufspringend und die Samen entleerend.

Die Hülse ist eine trockene, meist mehrsamige Frucht, sie springt bei der Reife zugleich an der Bauchnaht (die verwachsenen Carpellarränder) und der Rückennaht (der Mittelrippe des Fruchtblattes) auf und ist aus einem durchaus einfachen Stempel entstanden. Sie ist der großen Familie der Hülsengewächse, als der Bohne, Erbse, der Scheinakazie ꝛc., eigen. Sie tritt jedoch nicht immer, wie in den angeführten Beispielen, in so normaler Gestalt auf, sondern tritt z. B. beim Steinklee als ein- bis wenigsamig und dabei nicht aufspringend auf, dreht sich beim Schneckenklee in einer bis mehreren spiraligen Windungen schneckenartig, oder erscheint ähnlich einer Blase aufgeblasen, bei dem Blasenschotenbaum (Colutea), oder wird durch die bis zur Mittelrippee eingeschlagenen Ränder zweifächerig, wie bei Astragalus, oder gliedert sich wie bei Hedysarum in Glieder ab, deren jedes einen Samen enthält, später abfällt und nicht aufspringt. Bei der Esparsette ist diese letzere Form auf ein Glied, also eine einsamige nicht aufspringende Hülse herabgesunken.

Die Balgkapsel ist das freie Einzelfrüchtchen eines zwei- bis mehrblätterigen und einwirteligen Stempels, welches in der Bauchnaht aufspringt; bekannte Beispiele sind die Seidenpflanze (Asclepias), der Sturmhut (Aconitum) ꝛc.

b. Bei der Reife nicht aufspringend.

Die Steinfrucht oder Drupa. Die Mittelschicht der Fruchthülle bildet sich zu einem mehr oder weniger saftigen Fleische aus, die Innenschicht aber bildet ein knochenhartes Gehäuse um einen oder selten zwei Samen, z. B. die Kirsche, die Pflaume. Zuweilen nehmen auch mehrere Fruchtblätter an solch einer Bildung Theil, wie bei der Drupa der Judenkirsche, deren Stein aber nur einen Samen umschließt.

Hierher gehört auch die Beere der Himbeere, welche nur aus einer Menge einzelner Steinfrüchtchen besteht, die auf einem konischen Fruchtboden befestigt sind.

Digitized by Google

Die Nuß. Das ganze Fruchtgehäuse ist von holziger Beschaffenheit und umschließt gemeiniglich nur einen Samen, wie bei der Haselnuß, der Eiche u. a. m. Eigenthümlich sind einigen dieser Fruchtformen jene sie theilweise oder ganz umschließenden Hüllen, die aus verwachsenen Bracteen entstanden sind und welche wir als Becherhülle kennen lernten, so bei der Eiche.

Die Kornfrucht oder Caryopse. Das häutige Fruchtgehäuse verwächst mit den Hüllen des einzigen Samens. Allen Gras- und Getreidearten ist diese Fruchtbildung eigen. Der Name Same, den man dieser Fruchtform häufig beilegt, ist daher hier ebenso falsch wie bei den zwei folgenden Fruchtformen, die ebenfalls häufig, aber fälschlich so bezeichnet werden. Bei manchen Gräsern und Getreidearten umschließen auch nach der Reife die Blüthenspelzen die ausfallende Grasfrucht, so beim Hafer, der Gerste u. a. m.

Die Schaalfrucht oder lederartige Caryopse besitzt ein Fruchtgehäuse von festerer Konsistenz, welches den einen Samen zwar eng umschließt, aber nicht mit den Samenschaalen verwächst. Zu dieser Bildungsreihe gehören die Einzelfrüchtchen der aus mehreren Wirteln von Fruchtblättern bestehenden Stempel von Ranunculus, Clematis, Anemone, Thalictrum, Potentilla, Geum u. a. m.

Das Schließfrüchtchen oder die Achene ist eine unterständige Caryopse, wo also nicht bloß die Fruchthüllen, sondern auch noch die Kelchröhre mit den Samenschaalen verwachsen sind und das Früchtchen selbst vom Rande oder den Zähnen des Kelches gekrönt erscheint. Diese Fruchtform finden wir bei den Baldrianen, bei den Scabiosen und der großen Familie der Kompositen. Der Kelchsaum ist es, aus dem die Haarkrone der Frucht des Löwenzahns hervorgeht. Diese Haarkrone oder Pappus tritt in sehr mannigfachen Formen, bald als ein einfacher, bald als ein federig-behaarter Kranz von Haaren, bald in Form von Borsten, Spreublättchen, kronenartigen Kränzen u. s. f. auf, oder kann zuweilen auch ganz fehlen. Sie kann ferner unmittelbar auf der Spitze der Frucht sitzen, oder die Kelchröhre verlängert sich noch über die Frucht hinaus in Form eines längern oder kürzern Schnabels.

B. Mehrkarpellige Früchte.

Hierher rechnen wir alle die Fruchtformen, wo mehrere Fruchtblätter sich zur Bildung eines Fruchtknotens vereinigen, der gemeiniglich mehrere Samen enthält.

a. Aufspringend mit ausfallenden Samen.

Kapsel ist der allgemeine Name für alle trockenen mehrkarpelligen Früchte, die bei der Reife sich verschiedenartig öffnen und ihre Samen ausstreuen. Die Kapselfrucht ist entweder ein- oder mehrfächerig. In mehrfächerigen Kapseln entspricht meist die Zahl der Fächer der Zahl der Fruchtblätter, die an der Verwachsung Theil nehmen; in einfächerigen wird dieß Verhältniß durch die Zahl der Plazenten angedeutet.

Digitized by Google

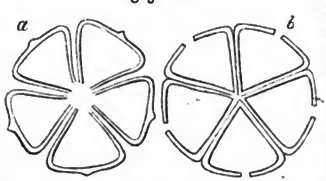
Die Lage der letztern ist bald wandständig, bald zentral und die Kapselfrucht selbst ist entweder wie beim Stechapfel, dem Mohn oberständig, oder wie bei der Nachtkerze (Oenothera), dem Pfeifenstrauch (Philadelphus) unterständig.

Eben so mannigfach wie die Form der Kapselfrüchte ist deren Aufspringen. Lösen sich dabei die Fruchtblätter in ihren Nähten ꝛc. mindestens bis zur Mitte der Kapsel, so nennt man die aus einander tretenden Theile der Kapsel Klappen, so öffnet sich von einfächerigen Kapseln die des Stachelmohns (Argemone) und von mehrfächerigen die des Stechapfels (Datura), des Tabaks u. a.

Findet das Auseinandertreten in Klappen nur an der Spitze der Frucht statt, so öffnet sich die Kapsel mit Zähnen, so z. B. bei allen nelkenartigen Pflanzen. Beim Mohn, bei der Glockenblume öffnet sich die Kapsel mit Löchern, die bei ersterer dicht unter den Narbenlappen, bei letzterer am Grunde liegen und bei der schwarzen Nießwurz (Hyoscyamus) springt gar die Spitze der Kapsel in Form eines Deckels los.

In Bezug auf die Verwachsung der Fruchtblätter der Kapsel unter einander und der Oeffnung derselben bei der Reife kommt es oft vor, daß eine mehrfächerige Kapsel bei der Reife wieder in ihre einzelnen Fruchtblätter oder Einzelfrüchte aus einander tritt, die sich dann jedes da, wo die Blattränder zusammentreffen, also in der dem Zentrum zugekehrten Ecke öffnen, wie dieß Fig. 27 a darstellt. Man nennt diese Art der Oeffnung wandspaltig, wie man dieß z. B. bei dem Schwerdtel (Iris) findet. Gemeiniglich ist aber die Verwachsung der Fruchtblätter unter einander fester, und sie öffnen sich dann an ihrer Mittelrippe (Fig. 27 b) in der Mitte des Faches, was man durch fachspaltig bezeichnet.

Fig. 27.



Bei einfächerigen Kapseln findet die Trennung fast immer an den verwachsenen Rändern statt, nur bleiben dann bisweilen die Plazenten, wie beim Stachelmohn, gleichsam als Gerippe stehen.

Die Schote ist eine besondere Form einer oberständigen zweifächerigen Kapsel, deren beide Klappen von unten nach oben abspringen und eine falsche (d. h. nicht durch Verwachsung der Fruchtblätter gebildete) Scheidewand stehen lassen, die an ihren Rändern die Samen tragen. Diese Fruchtform ist unseren Kohlarten, dem Rübsamen, der Levkoie und überhaupt der großen Familie der Kreuzblüthler eigen, kommt aber ähnlich wie die Hülse in vielen Abänderungen vor, so als Schötchen, welches gemeiniglich breiter als lang, wie beim Täschelkraut, als einsamig und nußartig beim Seekohl, als Gliederschote, welche in einsamige Glieder zerfällt u. s. f.

Digitized by Google

b. Nicht aufspringend und die Samen erst durch die Verwesung der Fruchthülle entlassend.

Die Beere ist eine mehrkarpellige, mehrsamige, ober- oder unterständige Frucht mit fleischiger, innen saftiger Fruchthülle. So ist die Tollkirsche eine solche mit oberständigem, die Stachelbeere mit unterständigem Fruchtknoten. Besondere Formen der Beere sind:

Die Apfelfrucht, mit etwas festerem Fleische, welches aus dem die Frucht überziehenden Kelche und der Ober- und Mittelschicht der Fruchthüllen hervorgegangen, während die Innenschicht das Kerngehäuse bildet.

Die Kürbisfrucht, die Orangenfrucht sind ebenfalls nur Formen der Beere, die Rosenfrucht dagegen besteht aus einem fleischigen Kelche, in welche viele kleine Steinfrüchtchen eingesenkt sind, ein ähnliches Verhalten zeigt die Mispelfrucht. Die Maulbeere und Ananasfrucht sind aus vielen einzelnen Beeren zusammengesetzte Früchte und die Erdbeere besteht aus einer Menge kleiner Schaalfrüchtchen, die in einen fleischigen Fruchtboden eingesenkt sind.

Unter den trockenen mehrkarpelligen, nicht aufspringenden Fruchtformen treten uns die folgenden als Hauptformen entgegen.

Die Flügelfrucht oder Samara, die trockene, zweiflügelige, zweisamige Frucht des Ahorn.

Die Spaltfrucht, die oberständige, aus zwei Fruchtblättern bestehende Frucht der Lippenblumen und Borragineen, die vom stehenbleibenden Kelch umgeben ist und bei ihrer Reife in vier nußartige (fälschlich Samen genannt) Früchtchen zerfällt.

Die Doppelachene, eine unterständige, aus zwei Fruchtblättern entstandene Frucht, welche, zwei verwachsene nußartige Früchtchen darstellend, in jedem nur einen Samen enthält, wie dieß bei Galium, Asperula ꝛc. der Fall ist.

Die Hängefrucht oder die Doppelachene der Doldengewächse, von der vorhergehenden Form nur dadurch verschieden, daß bei der Reife jede der beiden Halbfrüchte sich von unten nach oben löst und dann an einen eigenen Fruchtträger aufgehängt erscheint, wie beim Körbel, Kümmel u. a. m.

Die Storchschnabelfrucht besteht aus einem Wirtel kleiner Schaalfrüchtchen, die an der Spitze eines schnabelförmigen Fruchtträgers aufgehängt sind, so bei Erodium, Geranium.

Zum Schlusse wollen wir noch der nackten Samen gedenken, oder derjenigen Fruchtformen, deren Fruchtblatt sich nicht zu einer Hülle schließt. Dieser Fall kommt nur bei den Nadelhölzern vor, deren Fruchtblatt die flache schuppenförmige Gestalt behält (Fig. 18 c), und die Ausbildung der Samen nur durch die dicht über einander liegenden Deckblätter geschützt, aus denen sich später die Schuppen des Zapfens der Tanne oder die beerenartige Hülle der Eibe (Taxus) und des Wachholder (Juniperus), die die Samen umschließen, hervorbilden.

Digitized by Google

8. Der Same.

Während der Entwickelung der Fruchtblätter zur Frucht geht auch der Same im Innern der Frucht seiner Reife entgegen. Die Ausbildung des oder der Samen ist der einzige Zweck der Fruchtbildung, denn der Same ist es, durch welchen die Pflanzenart fortgepflanzt wird.

Im reifen Zustande besteht der Same aus der Samenschaale und dem Kern des Samens.

Die Samenschaale, meist aus einer innern und einer äußern Schicht bestehend, hat sich aus den Eihüllen (Fig. 26 d e f) herangebildet. Sie bildet den äußersten Ueberzug des Samens, sofern sie nicht mit den Fruchthüllen verwachsen ist, ist meist dunkel gefärbt, gemeiniglich hart, selten weich oder membranös, glatt oder uneben, kahl oder seltener behaart. (Die Baumwolle, welche verarbeitet wird, kommt bekanntlich aus den Samenkapseln und sind es Haare, welche aus den Samenschaalen hervorkommen, welche die Baumwolle bilden.)

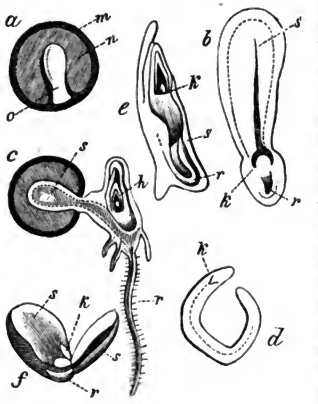
Man unterscheidet an den Samenschaalen äußerlich den Nabel, die Stelle, an welcher der Same am Mutterkuchen befestigt war, am Samen selbst gemeiniglich durch eine hellere Stelle unterschieden. Bei den geradläufigen und krummläufigen Samen (Fig. 26 d e) fällt diese Stelle mit dem ursprünglichen Grunde des Samens oder dem Hagelfleck zusammen; bei den umgewendeten Samen dagegen wird der Hagelfleck durch einseitige Verlängerung des Stieltheiles des Samens von dem Nabel getrennt (Fig. 26 f, der Hagelfleck bei h). So lang nun diese Verschiebung, also vom Anheftungspunkte des Samens bis zum Hagelfleck, erscheint der Stieltheil mit dem Samen verwachsen und man nennt diese Stelle Naht oder Rhaphe. — Auch die Oeffnung der Micropyle erkennt man oft noch ganz deutlich am reifen Samen. Ist der Stiel, welcher den Samen trägt, deutlich ausgebildet, so nennt man ihn Nabelstrang. Dieser letztere bildet oft eigene Wucherungen, welche den Samen zuweilen theilweise oder ganz überziehen und den Namen Samenmantel oder Arillus erhalten. Besonders ausgezeichnet ist dieser bei der Muskatnuß, wo er die Nuß ganz umzieht und als Muskatblüthe in den Handel gebracht wird. Endlich ist auch die Bildung langer Haare, namentlich unmittelbar am Nabel, ziemlich häufig und bei der syrischen Seidenpflanze (Asclepias syriaca) sind es gerade diese Haare, welche die Balgkapsel großentheils erfüllen.

Der Kern des Samens, durch Weiterbildung des Eikerns entstanden, besteht entweder nur aus dem Embryo oder Keimling, oder dieser letztere ist noch ganz oder theilweise von einem mit Nahrungsstoffen erfüllten Gewebe, dem Eiweißkörper oder Albumen umgeben (Fig. 28. a, ein durchschnittener Same von Canna indica, m die Samenschaale, n der Eiweißkörper, o der Embryo).

Der Embryo oder der Keimling ist der wichtigste Theil des Samens, denn er stellt, wenn gleich meist in sehr kleinen Verhältnissen, die junge Keimpflanze dar, die dazu bestimmt ist, mittelst des Keimes

Digitized by Google

Fig. 28.



zu einer neuen, der Mutterart in allen wesentlichen Charakteren gleichen Pflanze heranzuwachsen. Wie die vollkommene Pflanze besteht er aus einem Achsengebilde, welches eins bis zwei Blätter und die Anlage zu neuen Blättern trägt. Das Achsengebilde nennt man Stengelchen, die Blätter Cotyledonen oder Samenlappen. Auf der Spitze des Stengelchens steht entweder nur ein Samenlappen, wie in der großen Abtheilung der Monocotyledonen oder einsamenlappigen Pflanzen, zu denen die Pflanzen mit parallelnervigen Blättern, als die Gräser, Lilien, Orchideen, Palmen gehören, — oder zwei gegenständige Samenlappen, wie in der großen Abtheilung der Dicotyledonen oder zweisamenlappigen Pflanzen, die meist fiedernervige Blätter besitzen. Hieher gehört die große Mehrzahl der Pflanzen mit vollkommenen Blumen. Das stets gegen die Micropyle gerichtete Wurzelende des Stengelchens wird Würzelchen oder Radicula genannt.

Bei den Monocotyledonen (Fig. 28 a) ist der Samenlappen gemeiniglich ziemlich groß, walzig und bildet anscheinend die Spitze des Embryos. Durchschneidet man ihn, wie dieß auf Fig. 28 b dem vergrößerten Durchschnitt des Embryo von Canna geschehen ist, so siehet man im Grunde der Scheide des Samenlappens s, bei k, die Anlage zum ersten Blättchen, das man Federchen oder Plumula nennt. Dieses bildet die Spitze des wahren aber sehr kurzen Achsengebildes, das an seinem Grunde bei r auch die Anlage zum Würzelchen zeigt. Der Embryo des Lauches (Fig. 28 d), von walziger, ringförmiger Gestalt, zeigt an seinem Grunde bei k kaum die Andeutung zum Federchen. Viel stärker ausgebildet erscheinen diese Bildungen an den Embryonen der Gräser, wie der Durchschnitt eines ganzen Samens von Sorghum bicolor, Fig. 29 a, und ein Durchschnitt des abgelösten Embryos von Triticum durum, Fig. 28 e, zeigt. Auf letzterem sieht man bei e den seitlichen Cotyledon, dessen Scheidentheil auf der Vorderseite bei s dem stark ausgebildeten Knöspchen k eine weite Spalte offen läßt. Am Grunde bei r sieht man die Anlage zum Würzelchen.

Um aber über diese Bildungen in volle Klarheit zu kommen, wollen wir noch bei Canna die Entwickelung des Embryo zum jungen Pflänzchen betrachten. Fig. 28 c gibt den Durchschnitt durch ein junges keimendes Pflänzchen von Fig. 28 a und b. Der Embryo hat sich inzwischen vergrößert, ist mit seinem Wurzelende durch die Micropyle in die

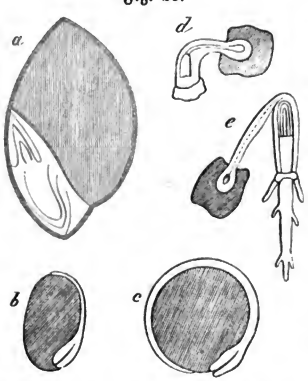
Digitized by Google

Erde herabgestiegen und hat bei r eine Hauptwurzel und aus dem Stengelchen auch Nebenwurzeln getrieben. Der Samen umschließt nur noch die Spitze des Cotyledonen, auch der Scheidentheil ist herausgetreten und bei h durchbricht das seitdem bedeutend herangewachsene Knöspchen den scheidigen Grund des Cotyledons.

Wenn bei den Monocotyledonen der Embryo oft noch auf einer sehr niedrigen Stufe der Ausbildung steht und Würzelchen, Federchen ꝛc. sich oft nur vom Geübten in der Andeutung auffinden lassen, so sind diese Bildungen dagegen bei den Dicotyledonen viel deutlicher ausgeprägt. Hier stehen auf der Spitze des meist sehr verkürzten Stengels zwei Cotyledonen, die durch ihre mehr flache, oft vollkommen blattartige Form schon vielmehr an die ächten Blätter erinnern. Fig. 28 f ist der Embryo einer Bohne. Zwischen den beiden fleischigen Cotyledonen s erhebt sich das Federchen k, und am Grunde des verkürzten Stengelchens erblickt man das Würzelchen r.

Die Form des Embryo selbst wechselt natürlich sehr ab, bald ist er gerade, bald ringförmig gekrümmt (Fig. 28 d); bald sind es bei den Dicotyledonen die blattartigen Cotyledonen, die durch ihre Knospenlage im Samen sich auszeichnen, wie bei den Cruciferen; bald endlich ist es in eiweißhaltigen Samen das Verhältniß des Eiweißkörpers zum Keim, welches bestimmte Verhältnisse bedingt. In dieser letzten Beziehung liegt der Embryo entweder wie auf Fig. 28 a von allen Seiten vom Eiweißkörper umgeben in der Achse des Eiweißes, oder er liegt wie bei den Gräsern Fig. 29 a, seitlich an einem großen Eiweißkörper; oder der Embryo selbst ist von mehr walziger Gestalt, umgibt die eine Seite des Eiweißes (Fig. 29 b) und wird nebenanliegend genannt; oder es umgibt endlich ein walziger Embryo den Eiweißkörper ringförmig (Fig. 29 c) und wird dann ringförmig oder peripherisch genannt.

Fig. 29.

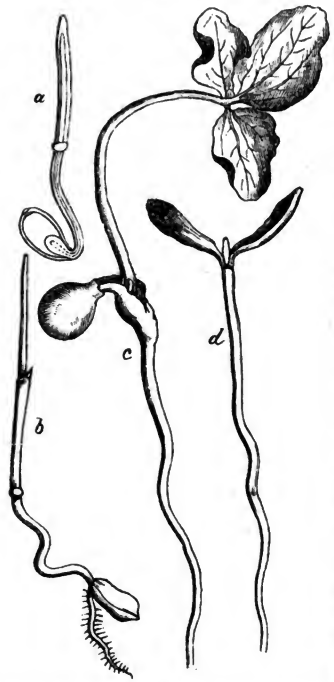


Eben so mannigfach als in seiner Form im Samen, verhält sich der Embryo beim Keimen und in besonders hohem Grade ist dieß bei den Monocotyledonen der Fall. Die eine Art des Keimens derselben, wo der Same ruhig in der Erde liegen bleibt und erst das erste Blatt aus der Erde hervorbricht, lernten wir bei Canna kennen. Ganz ähnlich keimt Allium und überhaupt die meisten Zwiebelgewächse, sobald aber die Wurzel sich im Boden befestigt, wird der Samen auf der Spitze des blattartigen Cotyledons über den Boden emporgehoben. Tradescantia (Fig. 29 d) keimt anfangs ähnlich der Canna, später verlängert sich

Digitized by Google

gleichzeitig der Scheidentheil und Stieltheil des Cotyledons, und so erhält die junge Keimpflanze die Gestalt von Fig. 19 e. Durch ähnähnliche Wachsthumsverhältnisse werden noch eine Masse anderer Modifikationen herbeigeführt. Ganz eigenthümlich, und so viel uns bekannt noch nicht beobachtet, ist aber die Entwickelung der keimenden Pflanze von Carex und Cyperus. Hier bleibt nämlich der Same ruhig im Boden liegen, der Keim steigt ohne ein Würzelchen zu bilden an die Oberfläche und zeigt da schon ein erstes Knotengebilde (Fig 30 a Cyperus erubescens). Erst ziemlich später entwickelt sich am Grunde des aufsteigenden Keims, dicht neben dem Samen das erste Würzelchen (Fig. 30 b). Es kommt also hier das eigentliche Würzelchen des Embryos gar nicht zur Entwickelung, sondern es entwickelt sich erst später eine Adventivwurzel.

Fig. 30.



Die Dycotyledonen tragen die Samenhülle meistens auf der Spitze, die Cotyledonen noch umgebend, beim Keimen aus der Erde empor und werfen diese Hüllen bei Entfaltung der blattartigen Samenlappen ab (Fig. 30 d). Selten bleiben die Samen in der Erde ruhen, dabei bleiben die Cotyledonen selbst in den Samenschalen und das Federchen entwickelt sich zwischen den beiden Cotyledonarstielen, welche beim Keimen nebst Stengelchen und Würzelchen aus dem Samen hervorgetreten sind, so z. B. bei Paeonia (Fig. 30 c). Zuweilen kommt es auch vor, daß der Grund der beiden Cotyledonen zu einer Scheide verwächst, aus der dann das Federchen hervorbricht. Einen durchaus unentwickelten Embryo werden wir bei den Schmarotzergewächsen Fig. 56 a kennen lerneu.

9. Organe der Cryptogamen.

Wir haben im Vorhergehenden nur die Organe der höher organisirten Gewächse oder der Phanerogamen, welche wirkliche Blumen tragen, betrachtet; die große Klasse derjenigen Gewächse dagegen, welche

Digitized by Google

keine Blumen tragen, die Cryptogamen fanden keine oder nur oberflächliche Berücksichtigung. Hat man auch in neuerer Zeit in einzelnen botanischen Gärten begonnen, Cryptogamen der verschiedensten Familien zu kultiviren, so werden wir es doch schwerlich je erleben, daß dieß auch von eigentlichen Liebhabern, die Pflanzen der Schönheit halber kultiviren, geschehen wird. Nur die gleichfalls zu den Cryptogamen gehörigen Familien der Lycopodiaceen und Farren haben sich wegen der Zierlichkeit ihres Laubes in unsern Gärten wirklich eingebürgert und müssen deßhalb eine besondere Berücksichtigung finden. Die anderen Familien haben aber für den Gärtner und Gartenfreund nur ein allgemeines Interesse, indem sie es sind, welche das Pflanzensystem von den einfachsten Pflanzenformen bis zu den höher organisirten allmälig aufbauen.

Die niedrigst organisirten Familien der Cryptogamen, denen nicht bloß die Blüthen-, sondern auch die Stengel- und Blattbildung abgeht, werden Lager- oder Thalluspflanzen genannt (Vergl. Seite 5). Die Pilze, Algen und Flechten gehören hierher. Von den Pilzen und Flechten, als in innigster Beziehung mit gewissen Pflanzenkrankheiten stehend, werden wir später einzelne Formen näher kennen lernen.

Den Moosen kommt schon die Blatt- und Stengelbildung zu, wenn gleich ihnen die das Holz bildenden Gefäße noch abgehen. Sie tragen an der Stelle der Blumen auf einem Stiele, Borste genannt, die Fruchtkapsel. Bei den Lebermoosen springt diese klappig auf, bei den Moosen heißt sie Büchse, öffnet sich oben mit einem Deckel und streut den Inhalt, die kleinen Keimkörner oder Sporen massenhaft aus.

Die Lycopodiaceen und Farren bilden von den Familien der Cryptogamen gleichsam das Mittelglied nach den Phanerogamen, denn ihnen kommt außer Stengel- und Blattbildung auch die den höher organisirten Familien eigene Gefäßbildung des Holzes zu. Bei den Lycopodiaceen ist die Stengel- und Blattbildung deutlich ausgesprochen und die kleinen Fruchtkapseln finden sich in den Achseln der Blätter. Die kleinen in diesen Fruchtkapseln enthaltenen Keimkörner des Bärlappes sind es z. B., welche das bekannte Bärlapppulver bilden.

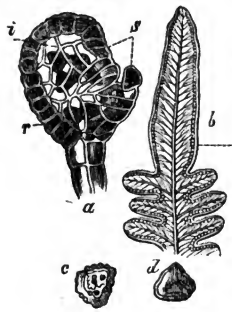
Die Farren besitzen gemeiniglich einen kriechenden Stock, der sich in seltenen Fällen baumartig erhebt, wie bei den Baumfarren. Das mannigfach getheilte Laub oder die Wedel derselben ist jedoch der Blattbildung der höheren Gewächse nicht identisch, sondern ist als eine Umbildung von Aesten in blattartige Formen zu erklären, wie wir dieß auch bei blüthetragenden Pflanzen häufig finden. Das Laub der Farren trägt nämlich auf seiner Rückseite die Fruchtkapseln, treibt sehr häufig Adventivknospen und verhält sich auch in anderer Hinsicht ganz wie Stengel- und nicht wie Blattgebilde. Die kleinen bräunlichen Schuppen, welche an dem Wedelstiele der Farren sich allenthalben finden, später aber abfallen, sind den Blättern anderer Pflanzen analog.

Die kleinen Fruchtkapseln der Farrenkräuter treten auf der Rückseite der Wedel gruppenweise, entweder in Form von Streifen, Punkten, Linien zusammen, oder stehen seltener vereinzelt. Diese Gruppen von Frucht-

Digitized by Google

kapseln, die sich gegen die Reife hin durch ihre bräunliche Färbung auszeichnen, nennt man Fruchthäufchen. Dieselben sind entweder nackt wie bei Polypodium oder anfänglich wie bei Aspidium mit einem dünnen Häutchen bedeckt; Letzteres nennt man Schleierchen oder Indusium. Fig. 31 b gibt die Rückseite eines Wedels vom Pteris, die Fruchtkapseln stehen hier in einem ununterbrochenen Streifen längs des Randes der Wedel. Eine einzelne Fruchtkapsel dieser Fruchthäufchen, die dem unbewaffneten Auge wie kleine Pünktchen erscheinen, unter das Mikroskop gebracht, zeigt uns, daß jede derselben aus einem von zelliger Membran gebildeten Behälter mit kurzem Stiel besteht (Fig. 31 a). Ringsherum ist diese Fruchtkapsel durch einen zelligen Wulst (Fig. 31 r l s), den man Ring nennt, begrenzt, und im Innern enthält sie eine große Menge kleiner Körnchen. Bei der Reife bildet sich vom Ring aus (Fig. 31 bei s) eine Querspalte und die kleinen Körnchen fallen heraus. Jedes dieser Körnchen stellt sich als eine einzelne Zelle (Fig. 31 c d bei dreihundertmaliger Vergrößerung) von gemeiniglich dreiseitiger Gestalt dar, nach Außen krustenartig verdickt. Sie sind so klein, daß man sie mit unbewaffnetem Auge gar nicht erkennen kann, und werden Keimkörner oder Sporen genannt. Die eigentliche Bedeutung derselben, so wie deren Entwickelung zur jungen Pflanze, werden wir später kennen lernen.

Fig. 31.



Zweite Unterabtheilung.

Der innere Bau der Pflanzen. Pflanzen-Anatomie.

Erstes Kapitel.

Zusammensetzung der Pflanzen. Die Zelle, deren Bildungsstufen und Größe.

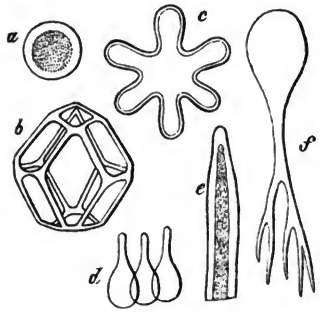
Die Pflanze, deren Aufbau aus Stengel und Blattorganen wir im Vorhergehenden kennen gelernt, besteht nicht aus einer homogenen, von einzelnen Höhlungen durchsetzten Masse, sondern ihre einzelnen Organe sind aus einem Gewebe verschiedenartig gestalteter Bläschen, Schläuche ꝛc. zusammengesetzt. Auch durchschnitten erkennt man diese letzteren erst mit Hülfe des Mikroskopes. Als die kleinsten Theilchen, aus denen die Pflanze aufgebaut ist, haben sie den Namen Elementarorgane und das durch deren Vereinigung entstandene Gewebe den Namen Zellgewebe erhalten. Sowohl alle zarten und krautartigen, wie alle festen holzartigen, oft knochenharten Theile der Pflanze sind aus

Digitized by Google

einem solchen Zellgewebe, wenn gleich von sehr verschiedenartiger Form zusammengesetzt.

Die Grundform aller Elementarorgane der Pflanzen ist die Zelle, ein ringsum zugeschlossenes, von einer festen Membran umgebenes und eine tropfbare Flüssigkeit enthaltendes Bläschen von rundlicher oder länglicher Gestalt (Fig 32 a). In dieser ihrer Grundform tritt die Zelle jedoch nur da auf, wo sie sich einzeln und frei entwickelt, wie die Keimzellen (Sporen) der niederen Gewächse u. s. f.; überall aber, wo sie mit anderen Zellen in ein Gewebe zusammentritt, nimmt die kugelige Zelle durch den Druck der anliegenden Zellen eine polyädrische Gestalt an (Fig. 32 b), wie dieß in den jüngsten Geweben der höheren Pflanzen, in den Blättern der Moose ꝛc., der Fall ist, wobei durch die Menge der um je eine Zelle herumlagernden Zellen die Zahl der Seitenflächen und Gestalt bestimmt wird. In der Oberhaut kommen meistens im Höhendurchmesser stark zusammengedrückte Zellen vor, die man tafelförmig nennt. Zuweilen wachsen diese lappig nach allen Seiten aus (Fig. 32 c), eine Form, die durch sternförmig bezeichnet wird; oder es erhebt sich die nach oben gerichtete, nicht von anderen Zellen eingeengte Fläche in Form kleiner Warzen oder seltener kurzer Cylinder (Fig. 32 d).

Fig. 32.



Eine andere Reihe von Zellformen entsteht durch das Wachsthum der rundlichen Zelle in die Länge, wodurch kürzere walzenförmige, oft aber auch sehr lange Schläuche, wie namentlich in den Baſtzellen entstehen können (Fig. 32 e das obere Stück eines Schlauches). Ein seltenerer Fall ist es, daß solche langgestreckte Zellen sich verästeln. Die merkwürdigste Art des Zellenwachsthums kommt bei einigen Algen vor, wo die kleine kuglige Keimzelle immer mehr und mehr durch Wachsthum sich ausdehnt, sich vielfach verästelt und zuletzt auf diese Weise Pflanzen von ziemlich bedeutenden Größenverhältnissen, die aus einer einzigen Zelle bestehen, darstellen, wie das bei Bryopsis und Caulerpa von Nägeli beobachtet wurde (Fig. 32 f, eine junge Keimpflanze von Botrydium granulatum nach Unger, wo die wurzelförmige Verästelung des jungen aus einer Zelle bestehenden Pflänzchens bereits begonnen hat).

Wenn wir im Vorhergehenden eine Uebersicht über die Formen, welche unmittelbar aus der kugligen Zelle hervorgehen, zu gewinnen strebten, so gibt es andererseits noch eine andere Reihe von Zellformen, die nicht aus der einfachen Zelle, sondern daraus hervorgehen, daß in linienförmig übereinander gereihten gestreckten Zellen die Querscheide-

Digitized by Google

wände verschwinden, und indem auf diese Weise eine ununterbrochene Verbindung hergestellt wird, lange gegliederte Röhren entstehen, die mit Berücksichtigung dieser ihrer verschiedenartigen Entstehungsweise zusammengesetzte Elementarorgane oder Gefäße genannt werden. — Die Gefäße kommen besonders in den Holzschichten der höher entwickelten Pflanzen vor, den auf einer niedrigeren Entwicklungsstufe stehenden Pflanzen fehlen sie dagegen. De Candolle unterscheidet darnach Zellpflanzen oder Pflanzen, die nur aus einfachen Zellformen aufgebaut sind, und Gefäßpflanzen, in deren Gewebe, Zellen und Gefäße vorkommen. Diese Eintheilung fand jedoch keine Nachahmer, da es cryptogamische Pflanzen mit, und phanerogamische Pflanzen ohne Gefäße gibt, und sie demgemäß nicht im gleichen Verhältniß mit der Gesammtorganisation der Pflanze steht.

Daß alle einfachen und zusammengesetzten Elementarorgane aus der kugeligen Zellform herzuleiten sind, ist erst eine Entdeckung der Neuzeit, um deren Ausbau sich Männer wie Link, Unger, Mohl, Schleiden und Nägeli besondere Verdienste erworben haben.

Zum Schluß noch einige Worte über die Größenverhältnisse der Zellen. Wir haben oben schon angedeutet, daß im Allgemeinen die einzelne Zelle mit dem unbewaffneten Auge nicht erkennbar ist, haben ferner aber auch schon einzelne Ausnahmen berührt, wo eine einzelne Zelle durch weiteres Wachsthum zur ziemlich ansehnlichen Pflanze sich entwickeln kann.

Im Allgemeinen kann man den mittleren Durchmesser der Zellen des gewöhnlichen Gewebes auf $^1/_{20}$ bis $^1/_{100}$ Linie setzen, es kommen aber Fälle vor, wo er bis auf $^1/_{500}$ Linie herabfällt, oder wie im lockeren Mark des Hollunders, wo man die einzelnen Zellen fast mit dem unbewaffneten Auge erkennen kann, bis zu $^1/_{10}$ Linie heransteigt. Bei den langgestreckten Zellformen ist der Querdurchmesser häufig noch kleiner, während sie andrerseits oft sehr bedeutende Längen erreichen können. So sind die gestreckten Zellen des Holzes gemeiniglich nur $^1/_3$ bis eine Linie lang, die Bastzellen aber erreichen z. B. bei unserem Flachs und Hanf öfters eine Länge von einigen Zollen; die Haare der der Baumwolle werden aus ein bis zwei Zoll langen einfachen Zellen gebildet, und ähnliche Beispiele langer Zellen werden wir noch bei der Befruchtungstheorie kennen lernen.

Zweites Kapitel.

Die Zellmembran und deren Bau.

Die Membran, welche die Zellen umschließt, zeigt sehr verschiedenartige Bildungen. An jungen Zellen ist sie zart und weich, völlig farblos, durchsichtig, und zeigt eine durchaus homogene Bildung, die selbst mit Hülfe der stärksten Vergrößerungen, weder körnige noch faserige Zusammensetzung erkennen läßt. Besonders im jungen Zustande ist sie vom Wasser leicht durchdringbar und wird durch dasselbe nach allen

Digitized by Google

Seiten ausgedehnt. Vorzüglich auffallend ist dieß im Zellgewebe der Flechten und Algen, welches auch vollständig ausgewachsen noch zart und weich ist, so bald man es vom Wasser durchdringen läßt; dagegen eine spröde hornartige Beschaffenheit im Zustande der Trockenheit zeigt. Die Ausdehnung der Zellmembran durch Wasseraufnahme ist zwar unbedeutend, aber nachgewiesen; bei mehr rundlichen Zellen findet sie nach allen Seiten, bei langgestreckten Zellen, besonders in der Richtung der Querdurchmessers statt. Ob sehr junge Zellmembranen in Wasser gänzlich aufgelöst werden können, wie von einigen Anatomen behauptet wird, ist mehr als zweifelhaft.

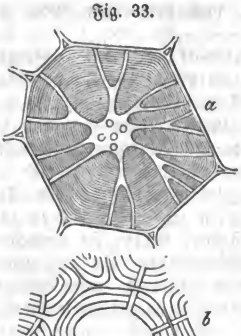
Je älter die Zelle wird, je mehr zeichnet sich deren Membran gemeiniglich durch Starrheit und Härte aus, in auffallend hohem Grade ist dieß bei den Holzzellen mancher Palmen, ferner im Zellgewebe der Schaale der Steinfrucht der Fall, wo sie knochenhart ist, oder in der Oberhaut der Rohrpalmen (Calamus) und des Schachthalms (Equisetum), wo sie durch ihre Härte sogar Metall angreift und am Stahl Feuer gibt. — Selbst die Zellen des jungen Holzes besitzen verhältnißmäßig noch zarte und stets farblose Membranen; sehr schnell ändert sich aber dieses Verhältniß, wo der Splint ins eigentliche Holz übergeht. Gemeiniglich färbt sich dann die Membran gelblich, röthlich oder bräunlich, Färbungen, die bei den sogenannten Farbhölzern besonders auffallend sind und gleichzeitig tritt eine viel größere Festigkeit und Starrheit der Membranen auf.*

So lange die junge Zelle wächst, d. h. entweder nach allen Seiten oder nur noch in einer Richtung, wie in der der Längsachse sich ausdehnt, wächst sie durch Intussusception, d. h. durch Aufnahme und Zwischenlagerung neuer Theilchen von Membranstoff, in die Membran selbst, eine Art des Wachsthums, die natürlich nur bei sehr jungen und zarten Membranen erklärlich. Sobald sie jedoch vollständig ausgewachsen, beginnt zugleich mit der Erhärtung der Membran die Verdickung derselben durch Anlagerung oder Apposition neuer Theilchen an die inneren Wandungen der Zellen. Hiedurch werden die Wandungen öfters nach und nach so bedeutend verdickt, daß zuweilen der innere Raum der Zellen nur noch einen viel geringeren Durchmesser zeigt, als die Dicke der Wandungen beträgt (Fig. 33 a), und also auf ein Minimum reduzirt wird, wie dieß bei sehr dickwandigen Holzzellen nicht selten ist.

* Diese Eigenschaft der Zellen des Splintes und Holzes hat zugleich eine hohe praktische Bedeutung. Es ist z. B. bekannt, daß das sogenannte rothe Lerchenholz, das gelbe Eichenholz, Hölzer von großer Dauer und Festigkeit sind, während das weiße Lerchen- und Eichenholz oft schneller und leichter fault als gewöhnliches Tannenholz. Aus dem oben Gesagten geht hervor, daß das Letztere die Splint- oder jungen Holzschichten sind, die noch keine festen Membranen besitzen und darum auch lange nicht die Widerstandsfähigkeit gegen die Fäulniß zeigen können, als die eigentlichen Holzschichten. Letztere sind aber gemeiniglich in eben dem Grade solider und haltbarer, je näher sie dem Kern oder der Mittelachse des Baumes genommen werden, wo die ältesten und gemeiniglich auch am meisten erhärteten Holzschichten liegen.

Digitized by Google

Fig. 33.



Die Ablagerungen, durch welche die ursprüngliche Zellmembran allmählig so verdickt wird, geschieht jedoch nichts weniger als in einer homogenen oder in einer durchaus gleichartigen Masse. Es lagert sich nämlich der Membranstoff schichtenweise ab, so daß sich gleichsam immer neue nach innen gelagerte, den ältern Membranen dicht angelagerte Membranen bilden, die gleichsam eben so viele in einander geschachtelte secundäre Zellenmembranen darstellen, wie dieß Fig. 33 a und b zeigen. (Fig. 33 a der Querschnitt einer dickwandigen Markzelle von Hoya carnosa, Fig. 33 b der Querschnitt durch ein Bastzellenbündel von Cocos botryophora. Nur die im Centrum lagernde Zelle ist bei Letzterem vollständig dargestellt, von den umlagernden Zellen sieht man nur die anlagernden Membranen. Beide nach Mohl.) Oft erscheinen diese Anlagerungen ganz homogen, wie in den Eiweißzellen der Elfenbeinpalme (Phytelephas), unter Anwendung starker Säuren gelingt es aber auch hier die schichtenweise Ablagerung zu erkennen. Ferner kommt es zuweilen vor, daß die innerste Schicht oder Membran dicker und stärker als die äußerste ursprüngliche ist, weßhalb auch von einigen die jetzt widerlegte Behauptung aufgestellt wurde, jene Verdickungsschichten lagerten sich von Außen an die ursprüngliche Zellmembran an. Die Ablagerungen selbst finden gemeiniglich gleichförmig nach allen Seiten statt, doch kommt es auch zuweilen vor, daß die Verdickung der Zellmembran nur nach einer Seite, so z. B. bei den Zellen der Oberhaut nur nach Außen stattfindet.

Nur sehr selten bilden diese von innen sich ansetzenden Verdickungsschichten eine ununterbrochene Lage von Zellstoff, sondern in den meisten Fällen stellt nur die äußerste primäre Zellmembran eine gleichförmige, nirgends geöffnete Membran dar, die sekundären innern Membranen dagegen zeigen die mannigfachsten Unterbrechungen. Hieraus entstehen einzelne sehr verschiedenartige Zellformen, wie die porösen Zellen, die Tüpfelzellen, die Spiralfaserzellen, Ringfaserzellen und Netzfaserzellen.

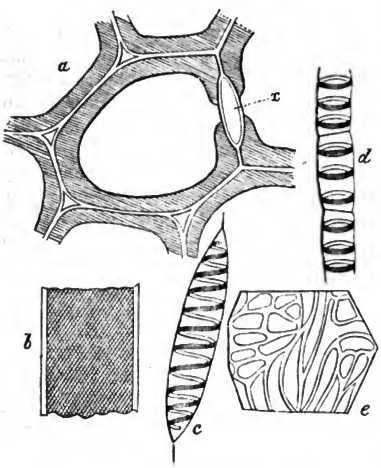
Bei den porösen Zellen, welche von Außen wie durchlöchert erscheinen, lagern sich die secundären Zellschichten in Form durchlöcherter Membranen in der Weise an, daß die je folgenden stets genau dieselbe Bildung zeigen und so also Loch auf Loch paßt (Fig. 33 a). Hierdurch entstehen bei sehr dickwandigen Zellen kleine Kanäle, welche sämmtliche Verdickungsschichten bis auf die äußere undurchbrochene Membran durchsetzen. Diese Kanäle korrespondiren nun genau mit den Kanälen der anliegenden dickwandigen Zellen (Fig. 33 b) und vermitteln

Digitized by Google

den Uebertritt des flüssigen Zelleninhaltes von der einen Zelle zur angrenzenden.

Die Tüpfelzellen (Fig. 34 a, Querschnitt durch eine Tüpfelzelle von Pinus Pinea und einen Tüpfel x nach Mohl) sind gestreckte, dem Holz der Zapfenbäume eigne Zellformen, welche ihrer Länge nach regelmäßige Reihen von Tüpfeln zeigen. Dieselben entstehen, indem die primären Membranen der angrenzenden Zellen in linsenförmiger Gestalt auseinandertreten und zwischen sich einen hohlen Raum lassen, nach welchem hin bei der später erfolgenden Verdickung der Membranen sich noch auf die oben besprochene Weise von beiden Seiten kleine Kanäle in den Wandungen bilden.

Fig. 34.



Die Entstehung der Spiralfaserzellen (Fig. 34 c nach Mohl) erklärt sich aus folgender Eigenthümlichkeit der Membranbildungen überhaupt. Wir haben früher schon bemerkt, daß die junge primäre Membran durchaus homogen ist und nie eine Spur faseriger Zusammensetzung zeigt. Ein anderes ist es mit den sekundären Verdickungsmembranen. Diese lagern sich aus der Flüssigkeit des Zelleninhalts ab, und zwar geht diese Ablagerung der Atomtheile der sekundären Membranen, da wo sie sich nachweisen läßt, sehr häufig in spiraliger Aneinanderlagerung vor sich. So entstehen zunächst die feinen spiraligen, oft sich kreuzenden Streifungen, welche manche Zellmembranen so zierlich zeigen. (Fig. 34 b, Stück einer Membran einer Bastzelle von Vinca major, mit sich kreuzender spiraliger Streifung, nach Mohl), und die z. B. bei den luftführenden Zellen der äußeren Zellschichten der Luftwurzeln der Orchideen so auffallend sind. Sehr häufig ist es aber nun der Fall, daß bei solcher spiraliger Ablagerung des Membranstoffes der sekundären Membranen breite Spalten zwischen der Membran auftreten, und diese also sich in der Form eines spiraligen Bandes ablagert, wie dieß auf Fig. 34 c, einer Zelle aus der Fruchtkapsel des Equisetum arvense, stattfindet, und das sind die Spiralfaserzellen.

Die Ringfaserzellen (Fig. 34 d, Zelle aus der Fruchtkapsel von Marchantia polymorpha, nach Mohl) ist nur eine leichte Abänderung

Digitized by Google

der vorhergehenden Form, wo die spiraligen Bänder unterbrochen sind und die sekundäre Membran in Form getrennter ringförmiger Bänder auftritt.

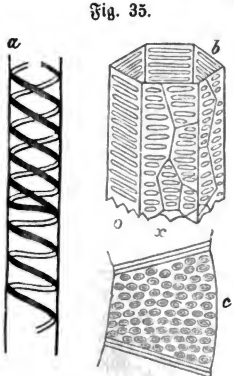
Die Netzfaserzellen (Fig. 34 e, Zelle aus dem Blatt von Sanseviera guinensis, nach Mohl) gehören zu den häufigsten Bildungen, die von den Moosen aufwärts im Zellgewebe fast aller Pflanzen mehr oder weniger deutlich sich nachweisen lassen. Sie entstehen durch spiralige und netzförmig sich verzweigende und in einander verfließende bandförmige Ablagerung der sekundären Membranen in den verschiedensten Formen. Zu bemerken ist dabei jedoch, daß die Bildung der sekundären Membranen in diesem letzteren Falle sich durchaus nicht immer auf Ablagerung in spiraliger Richtung zurückführen läßt, sondern daß sie, ähnlich wie bei den porösen Zellen, als eine vielfach mit Löchern und Spalten unterbrochene Membran zu betrachten ist. Auf die Bildung dieser Löcher und Spalten zeigen die anlagernden Zellen einen bedeutenden Einfluß, indem jene wie bei den porösen Zellen mit denen der benachbarten Zellen korrespondiren.

Drittes Kapitel.

Die Gefäße und deren Formen.

Die Entstehung der Gefäße aus Zellreihen, deren Querscheidewände resorbirt werden, lernten wir bereits kennen. Die Gefäße stellen demgemäß ein System kleiner Röhren dar, welche ohne von Scheidewänden unterbrochen zu sein, den Pflanzenkörper durchsetzen. In ihrer Membranbildung schließen sie sich unmittelbar an die Zellformen an, die wir im letzten Kapitel kennen lernten, und treten demgemäß als Spiralgefäße mit einfacher oder doppelter Windung (Fig. 35 a Spiralgefäß aus Sambucus Ebulus, oben mit doppelter, unten mit einfacher Windung, nach Mohl) des spiraligen der primären Haut angewachsenen Bandes, ferner als Ringgefäße, als netzförmige Gefäße (Fig. 35 b, ein solches aus einem Baumfarren, nach Mohl), sowie endlich als getüpfelte Gefäße (Fig. 35 c, ein solches aus Laurus Sassafras, nach Mohl) auf.

Fig. 35.



Die netzförmigen Gefäße finden ihre Erklärung auf die gleiche Weise wie die Netzfaserzellen. Eine besondere Form derselben ist die der Treppengänge, welche entsteht, wenn sie mit ihren kantig gedrückten Seitenflächen an ähnliche Gefäße anlagern. Sie zeigen dann auf je einer Seite (Fig. 35 b bei o) regelmäßig übereinanderstehende spaltenförmige Oeffnungen der sekundären

Digitized by Google

innern Membran, welche mit denen einer anstoßenden Wandung eines Gefäßes korrespondiren. An den Seiten aber, wo sie auf größere oder kleinere Strecken mit Netzfaserzellen in Berührung kommen, zeigen sie eine ähnliche Wandbildung wie jene (Fig. 35 b bei x), und erhalten dann den speziellen Namen der netzförmigen Gefäße. Wie im vorliegenden Falle zeigen die verschiedenen Seitenflächen des gleichen Gefäßes häufig diese beiden verschiedenen Bildungen, je nachdem ihre Seitenflächen mit Gefäßen oder Zellen in Berührung treten.

Die getüpfelten oder porösen Gefäße (Fig. 35 c) verhalten sich in so fern ähnlich wie die vorhergehenden, als auch sie an den mit ähnlichen Gefäßen korrespondirenden Flächen Tüpfel zeigen, und da wo sie an Netzfaserzellen anstoßen, netzförmige Wandungen besitzen. Auch bemerkt man an dieser Gefäßform sehr häufig noch in Form von Ringen die Zellen, aus denen sie entstanden, und während die primäre Querwand resorbirt ist, lagern sich an der gleichen Stelle netzförmige sekundäre Querwände ab, welche die offene Verbindung jedoch nicht unterbrechen.

Die Länge der Gefäße ist sehr verschieden, meist gelingt es mit dem Mikroskop nicht, dieselben in ihrer ganzen Länge zu verfolgen und auszumessen. In anderen Fällen sind sie kurz, stärker verästelt und die Zellen aus denen sie entstanden, in Form von bauchig ausgedehnten Gliedern noch erkenntlich. Solche Gefäße kommen vornehmlich in den Knotengebilden des Stengels vor und werden rosenkranzförmige Gefäße genannt. (Fig. 36 a, ein rosenkranzförmiges Gefäß aus dem Stengel von der Gartenbalsamine, nach Unger.)

Fig. 36.

Nicht mit den bisher betrachteten Gefäßformen zu verwechseln sind die eigenen Gefäße und die Milchsaftgefäße.

Die eigenen Gefäße unterscheiden sich nur durch ihren Inhalt, einen trüblichen Saft von den gestreckten Zellen. Sie liegen stets bündelweise zusammen und bestehen aus prismatischen, dünnwandigen, senkrecht über einander gestellten Zellen (Fig. 36 b, nach Unger) und sollten richtiger als eine Form des Zellgewebes unterschieden werden.

Verzweigte, blind endende Kanäle, welche gefärbte Säfte (Milchsäfte) führen, werden Milchsaftgefäße genannt. Dieselben haben eine doppelte Entstehungsweise, indem sie entweder, wie wir im folgenden Abschnitte sehen werden, aus Interzellulargängen hervorgehen, oder indem sie aus Reihen über einander gestellter Zellen, ähnlich wie die anderen Gefäße, entstehen. Letztere Form der Milchsaftgefäße findet sich

Digitized by Google

z. B. bei den Feigen (Ficus) und dem Schöllkraut (Chelidonium). Sie bilden vielfach verzweigte in ununterbrochener Verbindung stehende Kanäle, deren Wandungen weder spiralige noch streifige oder anderweitige Bildungen erkennen lassen.

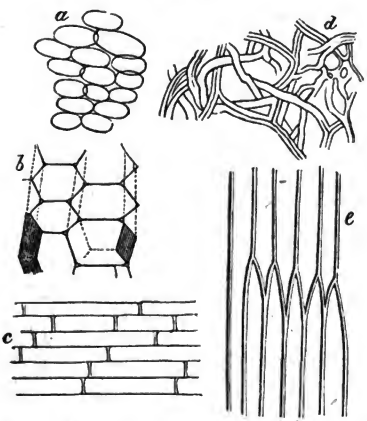
Viertes Kapitel.

Verbindung der Zellen zum Gewebe.

Die Verbindung der Zellen unter einander in den aus einer Vereinigung vieler Zellen bestehenden Pflanzen belegt man mit dem allgemeinen Namen Zellgewebe. Sehr selten sind im Pflanzenkörper die verschiedenen Zellformen unter einander gemischt zu einer Masse verbunden, sondern es vereinigen sich gemeiniglich Zellen von ähnlichen Formen gruppenweise. Solche Gruppen gleichartiger Zellen erhalten den speziellen Namen Gewebe, und unterscheidet man die folgenden Hauptformen, wobei jedoch nur die Form der Zellen und nicht die Bildung der Membranen derselben in Berücksichtigung fällt.

Merenchym nennt man ein lockeres Gewebe von kugelförmigen, elliptischen (Fig. 37 a), oder von unregelmäßigen abgerundeten Zellen.

Fig. 37.



Solche Zellen können sich natürlich nur theilweise berühren und es bleiben zwischen ihnen größere oder kleinere Räume frei (Interzellulargänge). Solches Zellgewebe findet sich an der untern Seite der meisten Blätter, im Eiweiß des Samens ꝛc.

Parenchym wird die Vereinigung polyädrischer Zellen zum Gewebe genannt (Fig. 37 b). Die ebenen Wände dieser Zellen berühren sich mehr oder weniger vollständig und lassen nur an den abgerundeten Kanten kleine dreieckige Kanäle frei. Regelmäßig nennt man das Parenchym, wenn wie im vorliegenden Falle, der Durchmesser der Zellen nach allen Richtungen ziemlich gleich groß ist. Langgestreckt heißt es dagegen, wenn der Längsdurchmesser vorwaltet. Das erstere findet sich vornehmlich in den jungen Pflanzentheilen, das Letztere im Holzkörper. Merenchym und Parenchym machen die Hauptmasse des Pflanzengewebes aus.

Mauerförmiges Gewebe (Fig. 37 c) ist aus tafelförmigen

Digitized by Google

flachgedrückten Zellen gebildet und kommt besonders in den unmittelbar unter der Oberhaut liegenden Zellschichten vor.

Das Prosenchym oder Pleurenchym (Fig. 37 e) wird durch enge Vereinigung cylindrischer und prismatischer Zellen gebildet, welche mit schief abgestutzten Endflächen auf einander stehen. Im Holze und Baste ist dieses Gewebe häufig.

Filzgewebe (Fig. 37 d) endlich heißt ein aus gestreckten unregelmäßig verästelten Zellen bestehendes Gewebe, welche mit ihren Seitenflächen sich nur stellenweise berühren und unregelmäßig durch einander verlaufen. Die Pilze und Flechten bestehen großentheils aus derartigem Gewebe.

Da wo im Zellgewebe zwei Zellen zusammenstoßen, ist die Scheidewand von zwei mit einander verwachsenen Zellmembranen gebildet, deren Vereinigung jedoch so innig, daß es weder unter Anwendung von Aufweichen in Wasser oder scharfen Säuren gelingt, dieselben vollständig von einander zu trennen, noch mit Hülfe unserer Mikroskope die Scheidelinie zwischen beiden Membranen nachgewiesen werden kann.

Die Verwachsung solcher an einander lagernder Zellmembranen wird durch einen eigenthümlichen klebrigen, gallertartigen, dem Membranstoff verwandten Stoff bewirkt, der von den Zellen ausgeschieden und Interzellularsubstanz genannt wird. Durch diesen Stoff werden die Zellen wie durch einen Kitt vereiniget. In weitaus den meisten Fällen ist er zwischen den flachen Zellwänden auf eine so geringe Menge reduzirt, daß er nicht nachgewiesen werden kann, und nur da wo die Zellwände einander nicht berühren, an den Kanten und Ecken ist er in größeren Quantitäten aufgehäuft. In selteneren Fällen ist die Ausscheidung desselben so bedeutend, daß die Zellen allmälig durch denselben ganz von einander getrennt werden, so bei vielen Algen. Von dem Membranstoff unterscheidet sich die Interzellularsubstanz schon dadurch, daß sie sich nicht schichtenweise, sondern in homogenen Massen ablagert.

Fig. 38.

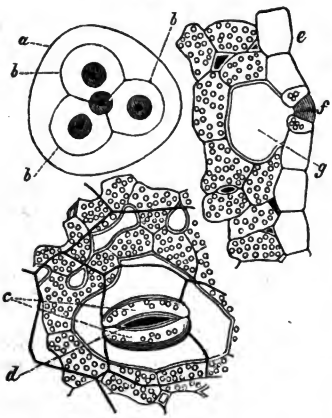


Fig. 38 a erklärt dieses, es ist eine Palmella oder eine sogenannte einzellige Alge, nach Nägeli. Die erste primäre Zelle (Mutterzelle) hat die gallertartige Interzellularsubstanz a, welche alles umschließt, ausgeschieden. Darauf hat sich die Mutterzelle in vier Zellen getheilt, jede dieser Tochterzellen hat wieder die durch die Kreislinien b angedeuteten Inter-

Digitized by Google

zellularschichten ausgeschieden, und so sind die vier Zellen ganz aus einander getreten. Aehnliche Verhältnisse zeigt der Nostoc, jene grüne gallertartige Masse, die man nach Regenwetter auf schattigen Wegen so häufig findet, nur sind es hier ganze Zellenreihen, die in einer gallertartigen, von ihnen ausgeschiedenen Interzellularsubstanz lagern.

In allen den Gewebformen, wo die Verbindung der Zellen unter einander nicht so eng wie im Prosenchym, da treten an den abgerundeten Kanten der aneinander lagernden Zellen die Zellmembranen auseinander und lassen kleine dreieckige Kanäle zwischen sich frei, die längs der Kanten der Zellen verlaufen und das Gewebe als ein System kleiner mit einander in Verbindung stehender Kanäle durchsetzen. Im lockeren Merenchym (Fig. 37 a) und im Parenchym (Fig. 37 b) sind diese kleinen dreieckigen Kanäle, welche Interzellulargänge genannt werden, besonders deutlich. Gemeiniglich führen dieselben Luft und treten durch kleine Oeffnungen in der Oberhaut (Fig. 38 d) mit der atmosphärischen Luft in freie Verbindungen. Diese kleinen Oeffnungen werden Spaltöffnungen genannt, sie werden von zwei halbmondförmigen Zellen (Fig. 38 c und f) eingeschlossen. Unmittelbar unter der Spaltöffnung erweitert sich der Interzellulargang zu einer Höhle (Fig. 38 g), welche Athemhöhle genannt wird. * Besonders häufig finden sich die Spaltöffnungen an den Blättern, namentlich auf der untern Seite derselben. Bei succulenten Pflanzen und Pflanzen mit weichem Laube treten sie in viel größerer Menge, als bei solchen mit lederartigem Laube auf. Je größer verhältnißmäßig ihre Anzahl, je kleiner und umgekehrt je sparsamer sie auftreten, desto größer sind die Spaltöffnungen selbst. Auf einer nur eine Quadratlinie großen Oberfläche zählt man oft 100, ja in einzelnen Fällen bis 1000 solcher Spaltöffnungen, welche als die Ausgangspunkte der luftführenden Interzellulargänge dienen und so die atmosphärische Luft in das Innere des Pflanzenkörpers leiten, so daß jede einzelne Zelle auch im Innern des Pflanzenkörpers mit jener in unmittelbare Wechselwirkung treten kann. Die Masse der auf diese Weise in das Innere des Pflanzenkörpers geleiteten Luft ist so beträchtlich, daß sie in Blättern, die sich gerade nicht durch sehr loses Gefüge auszeichnen, dennoch ungefähr $^1/_4$ des ganzen Volumens beträgt.

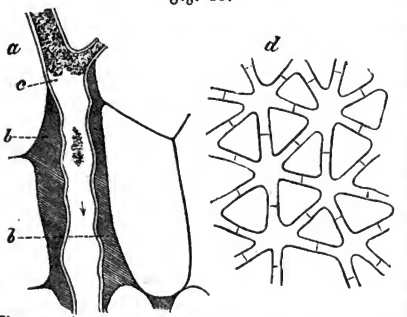
Durch Luftausscheidung aus den Zellen werden die Interzellulargänge oft so bedeutend erweitert, daß sie größere luftführende Kanäle, Luftkanäle genannt, darstellen, wie man solche in den Stengeln und

* Fig 38 a sind die zwei oberflächlichsten Zellschichten des Blattes von **Philydrum lanuginosum**, nach Unger. Die Zellen der Oberhaut sind ohne Inhalt, die darunter liegenden Zellen sind mit Chlorophyllkörnern gefüllt. d ist die Spaltöffnung, cc die beiden halbmondförmigen mit Chlorophyll gefüllten Zellen, welche die Spaltöffnung bilden Fig 38 e ist der Querdurchschnitt des gleichen Blattes nach Unger. Bei f ist die Spaltöffnung durchschnitten, g ist die Erweiterung des Interzellularganges zur Athemhöhle. Da die Interzellulargänge den Kanten der Zellen nach rings um dieselben herum verlaufen, so kann der Durchschnitt den Verlauf derselben nicht zeigen. Die drei kleinen schwarz gezeichneten Stellen zwischen den Zellen sind durchschnittene Interzellulargänge.

Digitized by Google

Blättern der Wasserpflanzen häufig findet. In dem aus sternförmigen Zellen bestehenden losen Zellgewebe (Fig. 39 d, sternförmiges Zellgewebe aus dem Blattstiel von Musa, nach Mohl.) sind diese Luftkanäle nur durch einfache Zellschichten von einander geschieden.

Fig. 39.



Nicht immer führen jedoch die Interzellulargänge Luft, sondern oft werden verschiedenartige Flüssigkeiten in dieselben ausgeschieden, wie Harz, aetherische Oele, Gummi ꝛc. Dabei erweitern sich die Interzellulargänge und werden dann Harzgänge, Gummigänge ꝛc. genannt. In anderen Fällen füllen sie sich gänzlich mit Interzellularsubstanz, wie bei den Algen.

Eine ganz eigenthümliche Modifikation der Interzellulargänge sind endlich ein Theil der Milchsaftgefäße, worauf wir im letzten Abschnitte (S. 60) schon hindeuteten. Bei vielen Gewächsen sind dieselben nämlich nur aus erweiterten, Milchsäfte führenden Interzellulargängen entstanden, die Anfangs keine eigenen Wandungen haben. Später lagert sich aus dem Zelleninhalt Interzellularsubstanz an den Wandungen ab, und so erhält das aus dem Interzellulargang hervorgegangene Milchsaftgefäß eine eigene Wandung, wie dieß bei Rhus, Asclepias u. a. m. der Fall ist (Fig. 39 a. Ein Milchsaftgefäß aus Asclepias syriaca nach Unger, c das Milchsaftgefäß, bb Interzellularsubstanz, seitlich neben dem Milchsaftgefäß zwischen dem Zellgewebe abgelagert.)

Fünftes Kapitel.

Die Gefäßbündel.

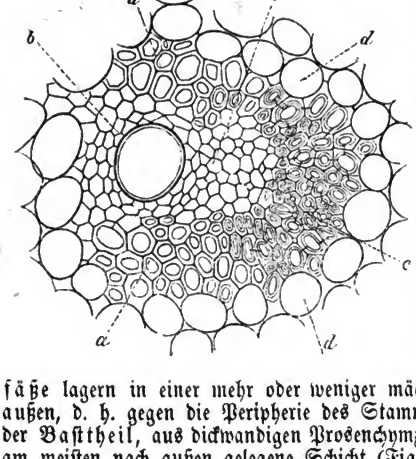
In den jüngsten Pflanzentheilen, welche noch in der Entwickelung begriffen, besteht das Gewebe aus Merenchym oder Parenchym. Bald darauf beginnt aber in den höher entwickelten Pflanzen das Gewebe sich zu gruppiren, indem zunächst im Innern das Gewebe der langgestreckten Zellen auftritt, welches mit Spiralgefäßen und eigenen Gefäßen sich bündelweise vereinigend und das Parenchym in längerem oder kürzerem Zuge durchsetzend, die Gefäßbündel darstellt.

Ein solches Gefäßbündel besteht in seinem ausgebildeten Zustande aus drei Parthien, dem Holzkörper, den eigenen Gefäßen und dem Bastheil.

Der Holzkörper ist der wichtigste nie fehlende innere Theil des Gefäßbündels, der die gegen das Centrum des Stammes gerichtete Seite

Digitized by Google

Fig. 40.



einnimmt. (Fig. 40, Querschnitt eines Gefäßbündels von Pandanus odoratissimus, nach Unger, a der Holzkörper.) Er besteht aus dünn- und dickwandigen Prosenchym- und gestreckten Parenchymzellen, gemischt mit Spiralgefässen. An den Spitzen der Gefäßbündel fehlen die erst aus der Umbildung der gestreckten Zellen hervorgehenden Spiralgefässe noch, ebenso fehlen sie den Gefäßbündeln mancher Wasserpflanzen und der Moose gänzlich.

Die eigenen Gefäße lagern in einer mehr oder weniger mächtigen Schicht mehr nach außen, d. h. gegen die Peripherie des Stammes hin (Fig. 40 b), und der Basttheil, aus dickwandigen Prosenchymzellen bestehend, bildet die am meisten nach außen gelegene Schicht (Fig. 40 c); das ganze Gefäßbündel aber ist ringsum von großen Parenchym- und Merenchymzellen (Fig. 40 d) umgeben. Die eigenen Gefäße und der Basttheil können jedoch dem Gefäßbündel auch zuweilen fehlen.

In Bezug auf Entwickelung und fernere Ausbildung unterscheidet man geschlossene Gefäßbündel und ungeschlossene oder veränderliche Gefäßbündel. Die Ersteren behalten, einmal ausgebildet, unverändert ihre Gestalt bei, sie finden sich bei den Monocotyledonen. Die Letzteren zeigen nach ihrer vollständigen (jährigen) Ausbildung noch ferneres Wachsthum, indem sie entweder, wie bei den Farren, an den Endtheilen wachsen und daher sprossende Gefäßbündel genannt werden, oder es findet ein noch ferneres Wachsthum nach allen Seiten statt, wie dieß bei den Dicotyledonen der Fall ist, deren Gefäßbündel man succedan oder nachwachsend nennt.

Die Gefäßbündel bilden das Holz oder das Gerippe der Pflanzen, sie vereinigen sich zu einem zusammenhängenden Ganzen und werden als solches Gefäßbündelsystem genannt.

In ihrem ersten Auftreten sind die verschiedenen Formen der Gefäßbündel einander sämmtlich ähnlich, nur in ihren spätern Wachsthumsverhältnissen weichen sie von einander ab. Wenn ferner ihre Anordnung die Form des Pflanzenkörpers bestimmt, so treten sie andrerseits in den jüngsten wachsenden Spitzen doch nur als sekundäre Bildungen auf, deren Ausbildung hauptsächlich durch die vorwaltende Saftströmung bedingt zu werden scheint. Spiralgefäße fehlen denselben häufig, weßhalb

Digitized by Google

der Name Gefäßbündel eigentlich übel gewählt und nur der früheren Confuſion der Begriffe zwiſchen Zelle und Gefäß entſprungen iſt. Milchſaftgefäße endlich kommen ſowohl einzeln zwiſchen den Gefäßbündeln, wie im andern Gewebe vor.

Sechstes Kapitel.

Die zuſammengeſetzten Organe und deren innerer Bau.

a. Bau der blüthenloſen Zellenpflanzen.

Wir haben in der Morphologie bereits geſehen, daß je niedriger eine Pflanze organiſirt, je weniger zuſammengeſetzte Organe ſie beſitzt. Eben dieß iſt in Bezug auf den innern Bau der Pflanzen der Fall. Es gibt Pflanzen, die wie die Gährungspilze oder wie die einzelligen Algen (Fig. 38 a) nur aus einer einzigen Zelle beſtehen. Wieder andere wie die Fadenpilze (Schimmelarten), die Fadenalgen (die meiſten im ſüßen Waſſer lebenden Algen, welche ſtehendes Waſſer mit ihren grünen Fäden oft ganz erfüllen) beſtehen aus einfachen Zellreihen, während etwas höher entwickelte Formen der Algen, die ſogenannten Hautalgen, ſich ſchon zu einfachen, neben einander gelagerten Zellſchichten ausbreiten. Bei all dieſen Pflanzen kann noch von keinem innern Bau die Rede ſein. Bei den höher entwickelten Formen der nur aus Zellen beſtehenden blüthenloſen Pflanzen, bei denjenigen, welche ein eigentliches Lager oder ſtengelartige Organe bilden, treten die Zellen zur Bildung derſelben ſchon zu einem Gewebe zuſammen. So beſteht das ſtamm- oder blattartig veräſtelte Lager der höher entwickelten Formen der Algen im Innern aus einem Gewebe von geſtreckten, nach außen aber von kleineren Zellen, die durch die Ausſcheidung von Interzellularſubſtanz oft in einer loſeren Verbindung ſtehen, dennoch aber ſchon die Mark- und Rindenſchichten der höher organiſirten Pflanzen nachahmen; Wurzeln beſitzen ſie noch nicht, ſondern man unterſcheidet nur ein Wurzelende, mit dem ſie an andern Gegenſtänden feſtſitzen. Die Pilze und Flechten zeigen bei ihren höheren Formen im Innern eine Markſchicht von dem ihnen eigenthümlichen Filzgewebe (Fig. 37 d), und nach außen eine Rindenſchicht von kleineren, feſteren Zellen, die bei den Flechten ſchon deutlicher ausgebildet iſt. An der Stelle der Wurzeln treten hier ſchon Haftfaſern aus einzelnen oder aus mehreren vereinigten Reihen geſtreckter Zellen auf. Von Blattbildung noch keine Spur.

Die Lebermooſe und Mooſe ſind unter den Zellpflanzen am höchſten organiſirt. Verſchmilzt auch noch bei manchen Lebermooſen, wie bei Marchantia, Stengel und Blatt zum laubartig ausgebreiteten Stengel, ſo treten doch bei weitaus dem größten Theil dieſer Familie, ſowie bei allen eigentlichen Mooſen, Stengel und Blatt als vollkommen getrennte Organe auf. In dem Stengel vieler findet man ſchon zentrale Gefäßbündel geſtreckter Zellen, denen freilich Spiralgefäße noch gänzlich mangeln,

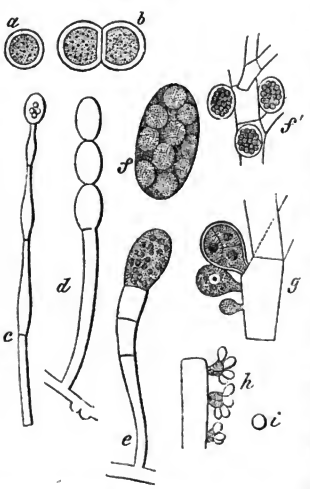
Digitized by Google

und das Zellgewebe der Rindenschicht und Blätter schließt sich weit inniger als das der vorhergehenden Familien und zeigt die regelmäßig polyädrische Gestalt des Parenchyms. Die Blätter der Lebermoose bestehen aus einer einzigen Zellschicht. Bei den Moosen herrscht diese Blattbildung ebenfalls vor, doch kommen hier schon aus mehreren über einander lagernden Zellschichten bestehende Blattformen vor, sowie andererseits die Blätter derselben häufig von einem, aus gestreckten, zusammengedrängten Zellen bestehendem Mittelnerven durchsetzt sind. Die Stelle der Wurzeln wird noch durch Haftfasern vertreten.

Wenn wir so die blüthenlosen Zellenpflanzen in aufsteigender Reihe sich dem Bau der Gefäßcryptogamen und Phanerogamen allmälig nähern sehen, so findet ein ähnliches Verhältniß in Bezug auf den Bau ihrer Fortpflanzungsorgane statt.

Die einfachste Art der Fortpflanzung besitzen die einzelligen Pilze und Algen. Sie bestehen aus einer einzigen Zelle (Fig. 41 a), in welcher später mitten durch eine Querwand auftritt, die die Zelle in zwei Theile theilt (Fig. 41 b). Noch später fallen beide Zellen auseinander, jede stellt ein eigenes Individuum dar und zeigt wieder die gleiche Fortpflanzung. So vermehren sich z. B. die Gährungspilze, welche man mit Hülfe des Mikroskops massenhaft in jeder Flüssigkeit findet. Bei den einzelligen Algen dagegen scheiden die Zellen massenhaft Interzellularsubstanz aus, und so werden sie bald von einander getrennt, leben aber in eine weiche gallertartige Masse eingebettet, kolonienweise fort. (Fig. 38 a.)

Fig. 41.



An diese Art der Fortpflanzung sich anschließend, schnüren viele Fadenpilze und Fadenalgen von ihren mit einfachen Zellen oder Zellreihen bestehenden fadigen Lager einfach einzelne Zellen ab, welche abfallen und keimend wieder die gleichen Pflanzen darstellen. So vermehrt sich z. B. der berüchtigte Kartoffelpilz. Fig. 41 c ist die Spitze eines aufrechten Fadens, die Spitzenzelle fällt ab und ist das Vermehrungsorgan, welches man Keimzelle nennt. Aehnlich verhält sich der die Krankheit des Weinstocks erregende Pilz. Das fadige Lager desselben ist kriechend, aus ihm erheben sich aufrechte Faden (Fig. 41 d), die an ihrer Spitze in ähnlicher Weise Keimzellen abschnüren, die oft kettenartig zusammenhängen. Außer dieser Art von

Digitized by Google

Vermehrungsorgan zeigt der gleiche Pilz aber noch eine zweite, indem er im Herbst ebenfalls an der Spitze der Fäden etwas größere Zellen bildet (Fig. 41 e), welche in ihrem Innern eine Menge kleiner Zellen bilden. (Fig. 41 f, ein solches ganz ausgebildetes Organ in fünfhundertmaliger Vergrößerung). Diese kleinen in einer Mutterzelle entstehenden Zellchen fallen im Zustande der Reife aus und sind die schon vollkommeneren Vermehrungsorgane der Pilze, welche Sporen genannt werden. Die Zellen, die sie umschließen, nennt man Sporenmutterzellen oder Sporenschläuche zum Unterschiede von den Keimzellen. Bei den noch höher entwickelten Pilzen kommen diese beiden Arten von Fortpflanzungsorganen in verschiedenartiger Bildung und auf die mannigfachste Weise aus dem Lager entspringend oder in dieses eingebettet vor.

Die höher entwickelten Formen der Algen zeigen im Allgemeinen ähnliche Verhältnisse, doch tritt bei einer Untergruppe derselben, den Florideen, noch eine dritte Art von Fortpflanzungsorganen, die schon eine geschlechtliche Verschiedenheit andeuten, auf.

Legen wir zur Betrachtung dieser verschiedenartigen Bildungen eine Meeralge, Calithamnion, nach den Beobachtungen Nägelis zu Grunde. Diese trägt dreierlei Fruktifikationsorgane, von denen jedoch am gleichen Individuum immer nur eine Art gefunden wird.

Die erste Form derselben, die Keimzellenhäufchen, entspricht den Keimzellen der niedrigeren Algen. Es sind dieß, wie Fig. 41 f zeigt, kleine, kugelförmige Gebilde, die seitlich aus den Gliedern des Lagers hervortreten, in deren Innern sich eine Menge kleiner Zellen befinden. Diese kleinen Zellen sind die Anlagen zu verkümmerten Verästelungen, oder Knospenzellen. Die Membran, welche sie umschließt, ist durch Ausscheidung von Interzellularsubstanz entstanden und also keine Mutterzelle.

Die zweite Form sind die Sporenmutterzellen mit den in ihrem Innern entstandenen Sporen, welche, wie Fig. 41 g zeigt, seitlich ebenfalls aus einem Glied des Lagers übereinandergestellt hervortreten und rundliche, im jungen Zustande einfache Zellen darstellen, in deren Innern sich später vier Sporen bilden, von denen man in der obersten Sporenmutterzelle drei erblickt. Die vierte, als dahinterliegend, ist nicht sichtbar.

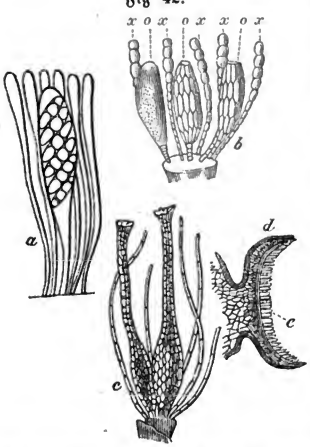
Die dritte Art der Fortpflanzungsorgane lernen wir bei dieser Familie zum ersten Male kennen, es sind das die Antheridien oder die männlichen Geschlechtsorgane der blüthenlosen Pflanzen, deren Funktionen wir später kennen lernen werden. Diese Antheridien bestehen bei der vorliegenden Pflanze aus mehreren sehr kleinen Zellchen, die auf der Spitze einer kurzen Verästelung des Lagers befestigt sind, wie dieß Fig. 41 h zeigt. Das ganze Organ heißt Antheridium, die einzelnen Zellen Samenfadenzellen, indem man in denselben die Bildung eines Spiralfadens erkennt, wie dieß Fig 41 i andeutet. Bei anderen blüthenlosen Pflanzen sind diese Spiralfäden deutlicher, befreien sich aus den platzenden Zellen und zeigen frei im Wasser schwimmend eine lebhafte

Digitized by Google

Bewegung, weßhalb man sie mit den Samenthierchen der Thiere verglichen hat.

Die Flechten besitzen schon eigentliche Fruchtbehälter, Apothecien genannt, welche in Form kugelig geschlossener Behälter in das Laub eingesenkt, oder in Form kleiner Schüsselchen auf der Oberfläche oder an den Spitzen des laubartigen oder stengelförmigen Lagers stehen. Der vergrößerte Durchschnitt eines solchen schüsselförmigen Apotheciums (Fig. 42 d) zeigt, daß an der Oberfläche desselben eine Schicht dicht gedrängter, verlängerter, schlauchförmiger Zellen lagert (Fig. 42 d bei e). Von diesen sind die einen schmal und fadenartig (Fig. 42 a, eine stärkere Vergrößerung einer Parthie dieser Schicht schlauchförmiger Zellen), die andern erweitern sich und werden zu Sporenmutterzellen, die in ihrem Innern die meist aus mehreren Zellen bestehenden Sporen enthalten, von deren Form in neuester Zeit die wichtigsten Unterschiede zur Begründung der Flechtengattungen abgeleitet werden.

Fig 42.



Noch höher stehen die Fruktifikationsorgane der Lebermoose und Moose, welche schon die Form von getrennt geschlechtlichen oder Zwitterblumen nachahmen, und auch als männliche und weibliche Blumen bezeichnet werden. Die sogenannten männlichen Blumen sind von metamorphosirten Blättern umgeben, die durch zartere Bildung und Verwachsungen eine Blüthenhülle nachahmen. Von diesen Hüllblättern umgeben, findet man auf einem scheibenförmigen Fruchtboden kleine Organe, von denen die einen aus einfachen Zellreihen bestehende gegliederte Fäden darstellen (Fig. 42 b eine vergrößerte männliche Moosblüthe, der äußeren Blatthüllen entkleidet, x die Saftfäden) und Saftfäden genannt werden, die als umgebildete Blätter zu betrachten sind. Neben diesen finden sich walzenförmige, mit einer zelligen Membran umgebene Schläuche, die Antheridien (Fig. 42 b bei o). Diese enthalten eine schleimige Flüssigkeit, in welcher Samenfadenzellen mit stark entwickeltem Spiralfaden, der sich später befreit und lebhafte Bewegung zeigt, beobachtet werden. Bei den Moosen sind diese männlichen Blüthen oft gipfelständig, bei den Lebermoosen finden sie sich häufig in der Achsel eines bauchig gehöhlten Blattes.

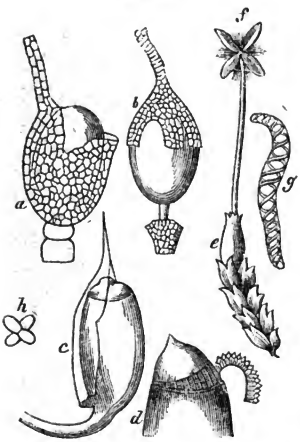
Die sogenannten weiblichen Blüthen der Moose (Fig. 42 c, eine solche vergrößert, von der die umhüllenden Blätter entfernt) bestehen aus den Anlagen zur Frucht, deren sich häufig zwei in je einer Blume

Digitized by Google

befinden. Neben dieſen Fruchtanlagen kommen in den weiblichen Blumen auch Saftfäden vor. In Zwitterblumen ſind Saftfäden, Antheridien und Fruchtanlagen in einer Blume vereint.

Die Fruchtanlage, auch Fruchtknoten genannt, iſt von einer zelligen Hülle umgeben, die ſich nach oben verdünnt, und an der Spitze eine Ausbreitung zeigt. In Vergleichung mit den Phanerogamen hat man dieſem verdünnten Spitzentheile den übelgewählten Namen Griffel beigelegt und die Spitze ſelbſt nach gleichem Syſtem Narbe genannt. Die Fruchtanlage ſelbſt beſteht aus einem feſten zelligen Kern, der ſich ſpäter vergrößert, durch Bildung eines Fruchtſtiels, der Borſte, emporgehoben wird und die zellige Hülle über ihrem Grunde abreißend (Fig. 43 b) als Mütze auf ihrer Spitze mit empor nimmt, während am Grunde der Borſte ein Theil derſelben als kleines zelliges Scheidchen ſtehen bleibt. Auf dieſe Weiſe bildet ſich die Fruchtanlage allmälig zu der Mooſsfrucht, auch Büchſe genannt, um, welche von länglicher, ovaler oder kugeliger Geſtalt, auf ihrer Spitze die Mütze trägt (Fig. 43 c), die ſie gegen die Reife hin abwirft und ſich an der Spitze mit einem Deckel öffnet. Dieſe Art der Oeffnung der Frucht wird häufig durch eine ringförmig unterhalb des Deckels wegſpringende Zellparthie, dem Ring (Fig. 43 d) vermittelt. Da wo der Deckel ſich gelöst hat, an der Mündung der Mooſsfrucht, befindet ſich ſehr oft eine doppelte oder einfache Reihe von Zähnen (Fig. 43 d), die man Mündungsbeſatz nennt; oft aber fehlen auch dieſe Zähne und die Mündung iſt nackt. Im Innern der reifen Mooſsfrucht erhebt ſich eine zentrale Mittelſäule und zwiſchen dieſer und den Kapſelwänden liegen zahlreiche, aus einer einzigen Zelle beſtehende Sporen. Man hat deßhalb die Mooſe und Lebermooſe, im Gegenſatz zu den Pilzen, Algen und Flechten, wo die Sporen in Sporenmutterzellen liegen, nacktſporige Pflanzen genannt. Es iſt dieß aber eine ſehr unpaſſende Bezeichnung, denn in einer frühern Periode iſt die Mooſsfrucht mit einem lockern Zellgewebe erfüllt. Dieſes ſind die Sporenmutterzellen, wo in jeder ſich vier Sporen bilden. Gegen die Reife hin werden die Membranen der Sporenmutterzellen aber aufgelöst und daher liegen die einzelnen Sporen frei in der Mooſsfrucht.

Fig. 43.



Die Fruchtanlage der Lebermooſe iſt im jugendlichen Zuſtande

der der Mooſe durchaus gleich, bei der weiter fortſchreitenden Bildung durchbricht aber die junge Frucht derſelben die umgebende zellige Hülle (Fig. 43 a), welche als Scheide am Grunde des Fruchtſtiels ſtehen bleibt (Fig. 43 e). Die reife Frucht ſpringt in vier Klappen auf (Fig. 43 f) und ſchleudert die Sporen heraus. Ein anderer auffallender Unterſchied der Frucht der Lebermooſe findet ſich darin, daß ſich in derſelben nicht bloß Sporen, ſondern neben dieſen noch eigenthümliche längliche Zellen mit doppeltem Spiralband, die Schleuderer (Fig. 43 g) entwickeln, die zum elaſtiſchen Aufſpringen der Frucht mitwirken. Die Sporen ſelbſt aber bleiben auch im reifen Zuſtande noch zu vier vereinigt (Fig. 43 h).

Außer dieſen Fortpflanzungsorganen bilden die Lebermooſe auch noch den Keimzellen der niedrigeren Pflanzen und den Knospen der höheren Gewächſe analoge Organe, es ſind dieß die Brutkügelchen, welche an unfruchtbaren Individuen in Form kleiner Kügelchen häufig erſcheinen. Sie beſtehen aus einer Menge zuſammengehäufter kleiner Zellchen, deren jedes als Fortpflanzungsorgan dienen kann. Auch bei den Flechten kommen ähnliche Gebilde vor.

Die Bildung der Sporen und das Keimen der Mooſe werden wir bei der Befruchtungsgeſchichte der Gefäßcryptogamen und der blüthentragenden Pflanzen kennen lernen.

Sind gleich die blüthenloſen Zellenpflanzen für den Gartenbau nur in ſo fern von Intereſſe, als ſie es ſind, deren Verbreitung, wegen des Schadens, den ſie höheren Pflanzen verurſachen, der Gärtner entgegen zu wirken hat, ſo mußten wir dennoch hier einen flüchtigen Blick auf deren innern Bau und die Organe der Fortpflanzung werfen, wenn ein richtiges Verſtändniß des Aufbaues des Pflanzenreiches, von den einfachſten bis zu den vollkommenſten Organismen herbeigeführt werden ſollte.

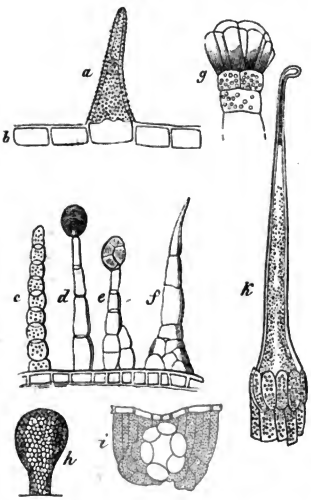
Wir wenden uns nun zur Betrachtung des innern Baues der einzelnen Organe der höhern Pflanzen.

b. Bau der Oberhaut oder Epidermis.

Die Oberhaut überzieht alle Pflanzentheile der höheren Gewächſe von den Mooſen aufwärts. Nur den jüngſten Wurzelſpitzen, der Narbe und den zarteſten Blumenblättern fehlt ſie, ebenſo der abgeſtorbenen Rinde der Bäume. Am vollkommenſten iſt ſie an Blättern und den Stengeln der Saftpflanzen ausgebildet. Sie beſteht aus einer, ſelten aus zwei Schichten (Fig. 44 a bei b und Fig. 38 e) flachgedrückter Zellen von ſehr verſchiedenartiger Form, die ſehr enge an einander ſchließen, keine Interzellulargänge zwiſchen ſich haben, nur im jungen Zuſtande mit Feuchtigkeit, ſpäter mit Luft gefüllt ſind, und nach Außen Interzellularſubſtanz abſcheiden. Dieſe Letztere überzieht als ein homogenes feſtes Häutchen, Oberhäutchen oder Cuticula genannt, die Oberhaut ſelbſt und verhindert das Eindringen von Waſſer und Luft in den Pflanzenkörper, iſt alſo von der Natur zum ſchützenden Ueberzug des zarten Zellgewebes der Pflanze beſtimmt. Bei den lederartigen

Digitized by Google

Fig. 44.



Blättern der Saftpflanzen ist dieses Oberhäutchen besonders stark ausgebildet.

Das Eindringen der Luft in den von einer ausgebildeten Cuticula überzogenen Pflanzenkörper, kann daher nur durch die zwischen den Oberhautzellen liegenden Spaltöffnungen vermittelt werden, die wir Fig. 38 f und d kennen lernten. Diese Spaltöffnungen finden sich in der Oberhaut aller oberirdischen grünen Pflanzentheile; den Wurzeln, den unter Wasser lebenden Pflanzen, der untern Seite schwimmender Blätter fehlen sie. An der untern Seite der Blätter sind sie am häufigsten, an Blattstiel und Stengel seltener. Die zwei halbmondförmigen Zellen, welche die Spaltöffnungen einschließen, gehören nicht mehr den Oberhautzellen an, was auch schon ihr grünlicher Inhalt anzeigt, sondern es sind Zellen des unmittelbar unter der Oberhaut liegenden Parenchyms, die drüsenartig zwischen die Zellen der Oberhaut emporgehoben und seitlich mit denselben verwachsen sind. Zuweilen liegen sie auch tiefer und dann bildet die Oberhaut eine Vertiefung nach denselben hin.

Als Bildungen der Oberhaut oder Anhangstheile derselben sind die Papillen, Haare, Schuppen, Drüsen, Warzen und Dornen zu betrachten.

Die Papillen sind kleine blasenförmige Erhebungen der Oberhautszellen, wodurch der Sammetglanz der Blätter der Begonien, sowie vieler Blumenblätter hervorgebracht wird.

Die Haare entstehen in ihrer einfachsten Form durch cylindrisches Auswachsen einer Oberhautszelle (Fig. 44 a); hieraus bilden sich Haare hervor, die aus einer einfachen Zellreihe bestehen (Fig. 44 c), welche entweder, wie im vorliegenden Falle, aus rundlichen oder häufiger aus gestreckten Zellen (Fig. 44 d) zusammengesetzt sind. Die Haare sind entweder einfach oder sie verästeln sich gabelig, sternförmig u. s. f. Oft besteht der Grund des Haares aus einer Schicht von Zellen (Fig. 44 f) und es nehmen dann auch mehrere Oberhautszellen an der Bildung des Haares Theil. Breiten sich solche Haare in einer flachen Zellschicht aus, so entstehen daraus die Schuppen und Schülfern.

Häufig tragen die Haare auf ihrer Spitze einzelne größere Zellen (Fig. 44 d) oder mehrere vereinigte Zellen (Fig. 44 e), welche eine

Digitized by Google

klebrige Feuchtigkeit aussondern und die man Drüsen, solche Haare aber drüsentragende Haare nennt. Wo diese Drüsen aus einer Vereinigung mehrerer Zellen gebildet werden, bilden sie entweder Zellkugeln (Fig. 44 e) oder sie stehen in conzentrischen Kreisen auf den untern Zellen (Fig. 44 g) und bilden dann oben oft eine flächenartige Ausbreitung.

Häufig kommen derartige Drüsen ungestielt vor (Fig. 44 h) und werden dann einfach Drüsen genannt, deren Vorkommen jedoch nicht bloß in Form von Auswüchsen der Oberhaut stattfindet, sondern die auch ebensowohl theilweis oder ganz in die unmittelbar unter der Oberhaut liegenden Parenchymschichten eingesenkt sein können (Fig. 44 i) und dann von außen als dunklere oder durchsichtige Punkte erscheinen, so bei den Blättern und Blumen der Orangen, beim gemeinen Johanniskraut u. s. f.

Aus einer eine ätzende Feuchtigkeit aussondernden Drüse, deren Spitze in eine lange zu einem Haare gedehnte Zelle mit umgekrümmter Spitze ausgehet, bestehen die Brennhaare der Nesseln (Fig. 44 k). Dringt die Spitze derselben in die Haut ein, so bricht sie wegen ihres Widerhakens ab und die ätzende Feuchtigkeit ergießt sich, jenen eigenthümlichen Schmerz verursachend, in die Wunde.

Die Warzen endlich sind größere Hervorragungen der Parenchymschichten, die mit Oberhaut überzogen sind.

c. Bau des Stammes und der Wurzel.

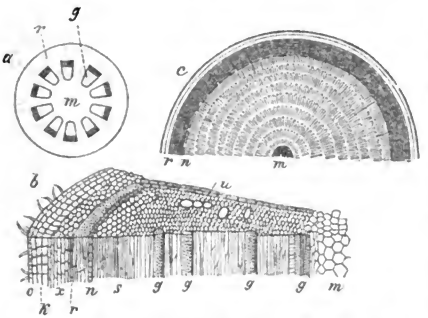
Der Stamm und die Wurzel oder das aufwärts und abwärts gerichtete Achsenorgan der höheren Pflanzen unterscheidet sich in seinem innern Bau nur wenig; wir werden deßhalb zunächst den Bau des Stammes betrachten, um dann schließlich auf die Abweichungen, welche die Wurzel zeigt, aufmerksam zu machen. Die Gefäßbündel treten, wie wir früher sahen, im Gewebe umschlossen von Parenchym auf, gleichsam das festere Gerippe der Pflanze bildend, welches der Fäulniß besser widerstehend, durch Maceration vom Parenchym leicht befreit werden kann. Nach ihrem Verhalten lernten wir die Gefäßbündel als succedane, geschlossene und sprossende kennen (s. Seite 65). Diese drei Formen bedingen auch durchaus verschiedenartige Gruppirung der Gefäßbündel zum Holzkörper.

Die succedanen oder nachwachsenden Gefäßbündel sind dem Stamme der Dicotyledonen eigen. Im einjährigen Stengel treten sie in einem geschlossenen Kreis auf (Fig. 45 a, ein Querdurchschnitt eines Stengels, r die Rindenschicht, g Kreis der Gefäßbündel, m die Markschicht), der die Achse des Stengels frei läßt. Hierdurch wird der Stengel in drei Schichten getheilt, nämlich in die zentrale Markschicht, in den die Markschicht umgebenden Kreis der Gefäßbündel oder den Holzkörper und in die äußerste Schicht, die Rindenschicht.

Die einzelnen Gefäßbündel des Holzkörpers schließen nicht unmittelbar an einander, sondern sind noch durch eine Schicht Zellgewebe getrennt,

Digitized by Google

Fig. 45.



welche die Markstrahlen darstellen, die Mark und Rinde mit einander verbinden. Die dunkel schattirte nach Außen liegende Schicht der Gefäßbündel auf Fig. 45 a ist die Schicht der Prosenchymzellen, welche das zwischen Rinde und Holz liegende Bast bilden. — Deutlicher noch werden diese Bildungen auf dem stärker vergrößerten Segment eines jungen einjährigen Zweiges eines Ahorn, wie dieß Fig. 45 b darstellt, worauf der untere Theil den Längsschnitt, der obere Theil den Querschnitt gibt. Zwischen o und r liegt hier die Rindenschicht, zwischen r und g die Holzschicht und m ist die Markschicht. Man sieht, daß die Rindenschicht wieder aus drei Schichten von Zellen besteht, wovon die äußerste einfache Zellschicht o die Oberhaut, k die äußere Rindenschicht oder Korkschicht und x die innere Rindenschicht oder Borkenschicht. Zwischen r und n liegt die Bastschicht, eigentlich den Gefäßbündeln angehörend, aber aus im Folgenden angegebenen Gründen gemeiniglich zur Rinde als innerste Schicht gerechnet. Zwischen n und g liegt der Holztheil des Gefäßbündels, dessen Zusammensetzung wir früher kennen lernten; bei g g g sind Spiralgefäße durchschnitten. Der äußerste Theil dieser Holzschicht, zwischen n und s, besteht aus dünnwandigerem Zellgewebe und ist die Splintschicht. Das Mark m endlich besteht aus einem losen parenchymatischen Zellgewebe; bei u geht von demselben ein Markstrahl zwischen den Gefäßbündeln hindurch nach der Rinde.

In dem mehrjährigen Stamme bleibt das Wesentliche dieser Anordnung unverändert, indem nur folgende Abänderungen auftreten. Das Mark ist nur in der Jugend saftreich, führt später häufig Luft oder verschwindet, wodurch sich eine zentrale Höhlung im Stamme bildet. Nur im einjährigen Stengel nimmt es einen verhältnißmäßig großen Raum ein, später wächst es gar nicht mehr, nimmt also nur einen sehr kleinen Raum im mehrjährigen Stamme ein und ist zuweilen von abgelagerten Nahrungsstoffen erfüllt.

Die wesentlichsten Abänderungen werden durch das Verhalten der Gefäßbündel und das jährliche Auftreten neuer Kreise derselben, welche die frühern in konzentrischen Schichten umgeben, herbeigeführt. Die Gefäßbündel selbst wachsen nach allen Richtungen weiter, dehnen sich auch durch seitliche Anlagerung von Holzzellen aus, nehmen dadurch an Dicke zu und verdrängen die Markstrahlen im alten Holze gänzlich oder

Digitized by Google

bis auf kleine Streifen. Dabei vereinigen ſie ſich in der Richtung gegen die Achſe des Stammes zu einem dichten das Mark umſchließenden Cylinder, den man Markſcheide nennt. Nach Außen tritt aber jährlich ein neuer conzentriſcher Kreis von Gefäßbündeln zwiſchen Splint (der jüngſten Holzſchicht) und der Baſtſchicht auf. Hierdurch entſteht einmal jährlich ein neuer Holzkreis, den man Jahresring nennt, andrerſeits wird die Baſtſchicht des Gefäßbündels durch den zwiſchen Holz und Baſtſchicht ſich einſchiebenden neuen Holzring nach Außen geſchoben, ſo daß alſo auch jährlich eine neue dünne Baſtſchicht zwiſchen Holz und Rinde ſich ablagert. Daher kommt es, daß man aus der Zahl der Jahresringe auf dem Querſchnitt eines Stammes das Alter desſelben mit überraſchender Sicherheit beſtimmen kann.* Fig. 45 c gibt den Querſchnitt durch einen halbirten achtjährigen Stamm. Bei m das Mark mit der Markſcheide, dann folgen acht Jahresringe. Zwiſchen n und r liegen acht dünne Baſtſchichten und darauf folgen die zwei Rindenſchichten. Die Markſtrahlen bemerkt man nur noch zwiſchen den jüngern äußern Holzringen, theilweiſe bald erlöſchend und nur wenige das Mark noch erreichend. Nur wenn der Baum durch Krankheit, Inſektenfraß ꝛc. an der Bildung eines Jahresringes in einem einzelnen Jahre verhindert wurde, was allerdings häufig vorkommt, wird die Berechnung des Alters nach den Jahresringen ungenau. Die Baſtſchicht, welche jedoch in Natur verhältnißmäßig nicht in der Dicke, wie auf der vorliegenden Figur der Deutlichkeit wegen angenommen, vorkommt, beſteht aus eben ſo viel dünnen blättrigen Schichten als der Baum alt. Wir erinnern in dieſer Beziehung nur an das Lindenbaſt, wo man dieſe Schichten leicht in dünne Lamellen trennen kann, weßhalb es ein beliebtes Bindmaterial geworden, wie überhaupt die zähen langgeſtreckten Proſenchymzellen des Baſtes es meiſtentheils ſind, die von den vielen Gewebe- und Geſpinſtpflanzen das Material liefern.

Die Rindenſchicht verliert ſchon bald ihre Oberhaut. Die unmittelbar unter derſelben liegende Zellſchicht, die wir Korkſchicht nannten, dehnt ſich entweder mit dem Baum und bildet wie bei der Birke dünne zarte Häute, die den Stamm umſchließen, — oder ſie zeigt eine ſtarke Wucherung ihres Zellgewebes, welches ſpäter abſterbend und ſich mit Luft füllend, jene weiche maſſige Rinde bildet, die wir von der Korkeiche zu Zapfen benutzen, die aber auch bei manchen andern Bäumen, ſo bei der Korkulme u. a. vorkommt. In weitaus den meiſten Fällen ſtirbt aber ſowohl die äußere (Korkſchicht) Rindenſchicht, ſowie die äußeren

* Um das Alter eines Baumes hiernach zu beſtimmen, muß der Durchſchnitt durch den Stamm unmittelbar über deſſen Grund gemacht werden. Der jüngſte vollendete Jahrestrieb oder die Spitze auch des älteſten Baumes beſitzt, wie aus den geſchilderten Wachsthumsverhältniſſen hervorgeht, nur einen Jahresring, der nächſtfolgende untere Jahrestrieb deren zwei u. ſ. f. Oberhalb dem urſprünglich erſten Jahrestrieb eines Baumes gemachte Durchſchnitte werden deßhalb auch immer um ſo viel weniger Jahresringe zeigen, als man den Durchſchnitt oberhalb der erſten auf einanderfolgenden Jahrestriebe machte.

Digitized by Google

Zellschichten der innern (Borkenschicht) Rindenschicht bald ab. Der Baum, welcher an Umfang rasch zunimmt, sprengt diese abgestorbenen Schichten auseinander. Indem nun die unteren Zellpartieen der Borkenschicht in Vegetation bleibend, das Bast als Rindenschicht umschließen, — die nach Außen gedrängten aber fortwährend absterben, entsteht so nach und nach die dicke rissige Borke der Eichen, der Birnbäume, und selbst die Birke zeigt im höheren Alter ähnliche Bildungen. Einige Bäume werfen die obern abgestorbenen Rindenschichten jährlich ab, so die Platane, der Apfelbaum, viele Bäume aus Neuholland u. s. f. und erhalten dadurch jährlich eine neue glatte, anfangs grünliche Rinde.

Der Stamm der Nadelhölzer, jener eigenthümlichen Pflanzengruppe, die gleichsam ein Mittelglied zwischen den blüthenlosen Pflanzen und den blüthentragenden bildet, ist dem der Dicotyledonen durchaus gleich gebildet. Nur insofern ist das Holz derselben ausgezeichnet, als sich nur in den Gefäßbündeln der Markscheide Spiralgefäße finden, außerdem besteht aber der Holzkörper dieser Pflanzen gänzlich aus jenen ihnen eigenthümlichen Tüpfelzellen (Fig. 34 a), an denen sich sogar das Holz der fossilen Nadelhölzer stets sicher unterscheiden läßt.

Die geschlossenen Gefäßbündel, welche nach ihrer jährigen Ausbildung kein ferneres Wachsthum zeigen, sind dem Stamme der Monocotyledonen eigen. Sie treten zerstreut zwischen dem Zellgewebe des Stengels oder Stammes (Fig. 46 b der Querschnitt durch einen Palmenstamm. Die dunkelschattirte Parthie der Gefäßbündel ist die Bastschicht) auf, sind und bleiben nach allen Seiten mit Zellgewebe umschlossen. Am einfachsten ist diese Bildung bei dem einjährigen Stengel unserer einheimischen Monocotyledonen, wie der Lilien, Iris u. a. m. Der Stengel der Gräser zeichnet sich durch die Härte seiner Rindenschicht aus, welche durch den Gehalt der Membranen derselben an Kieselerde bedingt wird. In der Achse besitzt er eine bald schwindende Markschicht, woraus die innere Höhlung der Grasstengel hervorgeht, die nur an den Knoten, wo die Gefäße wieder quer laufen, immer wieder ausgefüllt ist. Mehrjährige monocotyledonische Stengel oder Stämme sind nur der tropischen Zone eigen, wo der unverästelte Palmenstamm sich zu enormer Höhe, oben und unten fast gleich dick, und auf der Spitze die mächtige Krone seiner Blätter tragend, erhebt; — oder die Pandanen mit vielfach verästeltem Stamme, auf der Spitze jedes Zweiges ihre Blattkrone tragen. Wie bei dem dicotyledonischen Stamme entstehen hier jährlich neue Gefäßbündel, aber nicht etwa in geschlossenen Kreisen treten dieselben auf, sondern

Fig. 46.

Digitized by Google

einzeln entstehen, sie unterhalb der Rindenschicht, an ihrer Ursprungsstelle kleine nur aus Baſtzellen beſtehende Gefäßbündel darſtellend (Fig. 46 b, die äußerſten Gefäßbündel), und erſt in ihrem weitern Verlauf größer und ſtärker werdend.* Daß bei dieſem zerſtreuten Auftreten der Gefäßbündel, ſo wie bei ihrer Eigenſchaft, nach ihrer vollkommenen Ausbildung nicht weiter zu wachſen, die Baſtſchicht ſich nicht wie bei dem Dicotyledonenſtamm von den Gefäßbündeln ſondern kann, verſteht ſich von ſelbſt. Während ferner die Gefäßbündel des Dicotyledonenſtammes in conzentriſchen Ringen ſich einigen und regelmäßig verlaufen, biegen ſich die einzelnen Gefäßbündel des Monocotyledonenſtammes in ihrem weiteren Verlauf von der Peripherie des Stammes nach deſſen Achſe, kreuzen die ältern Gefäßbündel, ſo daß in der Spitze des Stammes die jüngſten Gefäßbündel das Centrum des Stammes einnehmen, weiter herab die jüngſten, jedoch auch die äußerſten ſind, wie dieß die ſchematiſche Fig. 46 a zeigt. Hieraus erklärt es ſich, wie ältere Botaniker durch unzureichende Unterſuchungen veranlaßt, irrthümlich annehmen konnten, daß der Monocotyledonenſtamm von innen heraus wachſe, der Dicotyledonenſtamm aber ſein junges Holz von Außen anſetze, während beide Stämme im Grunde genommen ſehr gleichartig wachſen und nur durch die Vertheilung ihrer Gefäßbündel ſich von einander unterſcheiden.

Wenn wir im Vorhergehenden die Unterſchiede in der Struktur des Holzes zwiſchen dem Dicotyledonenſtamm und dem der Monocotyledonen nachgewieſen, ſo finden wir auch Mark- und Rindenſchicht des Letzteren verſchiedenartig gebaut.

Gegen das Centrum des Stammes liegen im Monocotyledonenſtamm die zerſtreuten Gefäßbündel loſer und laſſen für eine mehr oder weniger mächtige Markſchicht Raum. Dieſe iſt aber nie ſo deutlich vom Holzkörper abgegrenzt, wie dieß bei den Dicotyledonen der Fall war und oft ſogar von einzelnen Gefäßbündeln durchſetzt. Häufig enthält dieſes Mark deponirte Nahrungsſtoffe in größerer Menge und ſo liefert z. B. das Mark der ächten Sagopalme das bekannte Sagomehl.

Nach Außen iſt der Stamm von einer dünnen zelligen Schicht umgeben, die die Rinde bildet, von der ſich aber niemals doppelte Schichten nachweiſen laſſen. Hierauf folgt eine faſerige Schicht, die man wohl auch unrichtig als Baſtſchicht bezeichnet, denn ſie beſteht aus dem unteren dünneren Theil der Gefäßbündel, die hier dicht zuſammengedrängt ſind und ſo lange ſie der Peripherie des Stammes parallel laufen, nur aus zähen Proſenchymzellen beſtehen.

* Die Vergleichung mit der ſchematiſchen Figur, Fig. 46 a, gibt das Verſtändniß von Fig 46 b. Die am meiſten nach Außen liegenden Gefäßbündel ſind die jüngſten, ſie ſind ſtets am nächſten ihrem Urſprung durchſchnitten und folglich die kleinſten, die innerſten ſind dagegen näher ihrem Ausgangspunkt, d. h. am weiteſten von ihrem Urſprung durchſchnitten und alſo die älteſten. Wir folgen hierbei ganz den gewohnten Begriffen, richtiger werden wir allerdings die Sache umdrehen und den Uebergangspunkt in die Blätter für den Anfangspunkt der Gefäßbündel, und ihr unteres Ende als den Ausgangspunkt am Stamm erklären, weil wie wir ſpäter ſehen werden, die Holzbildung von der Spitze nach dem Grunde des Stammes verläuft.

Digitized by Google

Die sprossenden Gefäßbündel endlich, die nach ihrer vollkommenen Ausbildung nur an ihrer Spitze fortwachsen, bilden das Holz der baumartigen Farrenkräuter, jener den Tropenländern eigenthümlichen Pflanzenform blütheloser Pflanzen, welche auf der Spitze eines unverästelten palmenartigen Stammes eine Krone mächtiger Wedel tragen. Das Holz des Stammes dieser baumartigen Farren wird aus einem einzigen, der Peripherie angrenzenden geschlossenen Kreise sehr großer Gefäßbündel gebildet, welcher einen sehr großen Markkörper umschließt. Zwischen diesen Gefäßbündeln hindurch laufen Markstrahlen nach der Rindenschicht.

Dem Stamme der im Vorhergehenden betrachteten Pflanzengruppen durchaus analog ist die Wurzel gebildet. Dieselbe ist anfangs mit Oberhaut bekleidet, welche nur an den Wurzelspitzen fehlt und später sich auch an den älteren Wurzeln verliert. Die Oberhaut der Wurzeln entbehrt der Spaltöffnungen gänzlich, ist dafür aber mit zahlreichen, aus einfachen gestreckten Zellen bestehenden Wurzelhaaren bekleidet, die sich jedoch wie die Oberhaut selbst, nur an den jüngsten Wurzeln befinden, und am leichtesten an im Wasser oder Sand gewachsenen Wurzeln beobachtet werden können, da sie ihrer Zartheit halber bei in Erde gewachsenen Pflanzen abgebrochen werden.

Die Luftwurzeln machen in so fern hievon eine Ausnahme, als deren Oberhaut eigenthümlich geformte Spaltöffnungen zeigt. Außerdem sind die Luftwurzeln der tropischen Orchideen und mancher Aroideen (Pothos, Philodendron etc.) oberhalb der Oberhaut mit einer eigenthümlichen Schicht luftführender Zellen bedeckt, deren Membran aus den zierlichsten Spiralfasern gebildet erscheint. Nur die grünlichen Wurzelspitzen sind von dieser Zellschicht, die man Wurzelhülle genannt hat, frei.

Der äußersten wachsenden Spitze der Wurzel, welche aus zartem, mit wässerigen Säften erfülltem Parenchym besteht, das von keiner Oberhaut bekleidet, hat man den Namen Wurzelschwämmchen gegeben. Dasselbe stößt zuweilen die äußersten Zellschichten ab, welche dann noch lose ohne eigentlichen Zusammenhang an der Wurzelspitze festsitzen. Die Gefäßbündel der Wurzel reichen bis oberhalb des Wurzelschwämmchens, welches als aufsaugendes Organ diesen die aufgenommene Nahrung mittheilt.

d. Bau der Blatt- und Befruchtungsorgane.

Alle blattartigen Organe der Pflanze haben wir früher schon als seitliche Anhangsbildungen der Achse charakterisirt. In Bezug auf ihre Hervorbildung aus Zellen hat man sie früher dadurch von den Achsenorganen konstant zu unterscheiden geglaubt, daß man annahm, bei allen Achsenorganen liege der Punkt, von dem das Wachsthum fortschreite (der Vegetationspunkt), an der Spitze, bei den blattartigen Organen aber am Grunde und es würden demnach die letzteren gleichsam aus der Achse herausgeschoben. Dieser Unterschied hat sich aber nicht stichhaltig bewährt,

Digitized by Google

denn die Blattscheibe wächst bald in ihrem ganzen Umfange, bald ist die Spitze der Punkt, welcher zuletzt zu wachsen aufhört (bei den Moosen), bald schreitet, wie bei den meisten Pflanzen, das Wachsthum von der Spitze nach dem Grunde fort, während der Blattstiel vom Grunde nach der Spitze zu wächst.

In ihrer jüngsten Anlage treten die appendiculären Organe aller Art unmittelbar unter der wachsenden Stammspitze, in Form kleiner zelliger Erhabenheiten auf, welche an den vorgebildeten, aber noch auf ein Minimum reduzirten Stengelgliedern sitzen. Bei der allmäligen Weiterbildung des Achsenorgans strecken sich auch die Blattorgane, indem ein oder mehrere Gefäßbündel aus dem Innern des Stammes in sie übertreten, um wie wir früher gesehen haben (siehe Seite 16), als Nerven und Adern die Form der blattartigen Organe zu bestimmen. Beim dicotyledonischen Stamme muß mit dieser Abzweigung von Gefäßbündeln aus dem Herzen desselben auch zugleich eine bogenförmige Krümmung der Gefäßbündel überhaupt in die Erscheinung treten, und hierdurch entstehen die Knotengebilde des Stammes, an denen die Blätter festsitzen, eine Erscheinung, welche bei den Monocotyledonen, wo eins oder mehrere der zerstreuten Gefäßbündel nach den Blättern abgehen, nicht immer stattfindet.

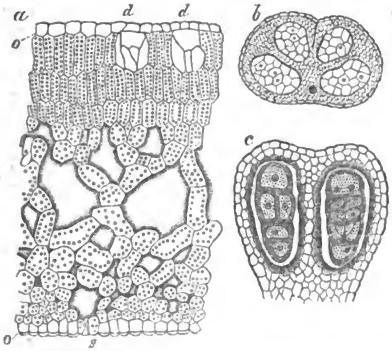
Gemeiniglich tritt nicht blos ein, sondern mehrere Gefäßbündel rinnenförmig neben einander liegend in das Blatt über; bleiben sie nun eine Strecke weit in gleicher Weise vereinigt, so entsteht dadurch der Blattstiel, treten sie aber beim Uebergangspunkt sogleich mehr oder weniger flächenförmig aus einander, so entstehen so die ungestielten Blätter.

Jedes Blatt besteht aus dem durch Verzweigung der Gefäßbündel entstehenden Gerippe, den Nerven und Adern, zwischen denen und um die herum Parenchym liegt, das wieder durch eine Oberhaut, deren Bildung wir schon kennen lernten, überzogen ist. Ist das Parenchym aus Zellen mit festen, starren Membranen gebildet, so entstehen die lederartigen Blätter, sind die Membranen zarter, — die gewöhnlichen häutigen oder krautartigen Blätter, und ist dasselbe saftig und zeigt dabei bedeutende Wucherungen, — so erhalten wir die fleischigen Blätter.

Die vom Gewebe ausgefüllte Schicht zwischen der Oberhaut der oberen und unteren Blattfläche besteht aus zwei, in den meisten Fällen leicht zu unterscheidenden Schichten, nämlich einer oberen, unter der Oberhaut der oberen, und einer unteren, unter der Oberhaut der untern Blattfläche liegenden Schicht. Beide Schichten zusammen werden **Mesophyll** oder **Diachym** genannt und enthalten in ihren Zellen eine große Menge grüner Farbkügelchen; die obere Schicht besteht gemeiniglich aus einem gestreckten, parenchymatischen Zellgewebe, die untere aus lockerm Merenchym, zwischen dem zahlreiche Lufthöhlen auftreten, die mit den Interzellulargängen und Spaltöffnungen in offener Verbindung stehend, die atmosphärische Luft in die Pflanze leiten. Fig. 47 a gibt einen Durchschnitt durch das Diachym eines Blattes nach Unger. o o ist

Digitized by Google

Fig. 47.



die Oberhaut der obern und untern Blattfläche. Oben sieht man die Schicht gestreckten Parenchyms, zwischen dem zwei Oelbehälter d d liegen. Auf der untern Blattfläche sieht man bei s eine Spaltöffnung mit ihrer Athemhöhle durchschnitten, welche mit den großen Lufthöhlen und Interzellulargängen des Merenchyms der untern Zellschicht in offener Verbindung steht.

Aehnlichen innern Bau zeigen alle grün gefärbten Blattorgane, selbst Kelch- und Fruchtblätter. Die gefärbten Blumenblätter, Blüthenhüllblätter und selbst Bracteen zeichnen sich vor den grün gefärbten, blattartigen Organen durch Zartheit ihrer Gefäßbündel und des Zellgewebes aus. Die Gefäßbündel der Blumenblätter bestehen aus einfachen Spiralgefäßen, begleitet von gestreckten parenchymatischen Zellgewebe, die festen Prosenchymzellen fehlen denselben. Nur bei den Blumenkronen von lederartiger oder fester Beschaffenheit ist das Zellgewebe aus theilweise dickwandigen Zellen gebildet und mit Oberhaut überkleidet, bei den gewöhnlich zarten Blumenblättern besteht es aber nur aus wenigen Schichten dünnwandiger Merenchym- und Parenchymschichten. Da diesen die Oberhaut gemeiniglich mangelt, so verlängern sich oft einzelne Zellen der Oberfläche in Papillen ꝛc.

Vielmehr abweichend schon verhält sich der Bau der Staubfäden, welche in ihrer ersten Anlage anderen Blattorganen ähnlich auftreten, allein in ihrer weitern Ausbildung bedeutende Abänderungen erfahren. Die geringsten Abweichungen zeigt der Staubfaden oder Träger und dessen unmittelbare Fortsetzung, das Connectiv. Derselbe besteht bei fadenförmiger Gestalt aus einem oder mehreren zentralen Gefäßbündeln, umgeben von Parenchym. Erstere gehen unmittelbar ins Connectiv über. Solche Staubfäden sind dem Blattstiele und das Connectiv der Mittelrippe analog. Träger von blumenblattartiger Gestalt sind den Blumenblättern ähnlich gebildet.

Zu beiden Seiten des Connectivs liegen bei normal gebildeten Staubbeuteln die beiden Fächer, welche den Blumenstaub enthalten. Sie sind aus den Blattflächen hervorgegangen, es gehen aber vom Connectiv durchaus keine Gefäßbündel in dieselben über. Nach Außen sind die Fächer des Staubbeutels mit einer wahren Epidermis überkleidet (Fig. 48 a bei o), welche nicht selten Spaltöffnungen zeigt. Die

Digitized by Google

unter der Oberhaut liegende Schicht besteht aus einer oder mehreren Schichten von Spiralfaserzellen, von denen die innerste die Wandung des Antherenfaches auskleidet (Fig 48 a bei n).

Die allmälige Heranbildung des Staubfadens hat insofern mit der des Blattes Aehnlichkeit, als die der Blattfläche analoge Anthere immer zuerst ausgebildet ist, der Faden aber noch, nachdem dieselbe bereits ausgebildet, ferneres Wachsthum zeigt. Auch den Blumenblättern eilt der Staubbeutel in der Entwickelung oft voraus, und wenn gleich derselbe gemeiniglich den Pollen erst nach dem Oeffnen der Blume entleert, so geschieht dieses dennoch sehr häufig auch noch in der geschlossenen Blume.

Sobald sich in der Anthere durch Verminderung des Diachyms des Staubblattes das Connectiv und die Beutel gesondert haben, entstehen in jedem Beutel zwei mit lockerem Zellgewebe gefüllte Höhlungen (Fig. 47 b nach Unger), so daß der ganze Staubbeutel zu dieser Periode vierfächerig erscheint. Etwas später werden die beiden Querscheidewände aufgelöst, so daß jedes der beiden Antherenfächer einfächerig wird, und es treten in jedem Fache weiche, locker unter einander verbundene Zellen auf, die man Colenchym oder Urmutterzellen des Pollens genannt hat. In jeder einzelnen Zelle derselben entsteht eine neue Zelle, die Pollenmutterzelle, die bei ihrer Heranbildung die Membran der Urmutterzelle auflöst. Diese Mutterzellen sind in einer (Fig. 47 c und Fig. 48 a) oder mehreren senkrechten Reihen übereinandergestellt, und in jeder derselben entstehen zwei bis vier neue Zellen, die keine Verbindung unter einander zeigen, später die Mutterzellen absorbiren, und also frei in den Fächern der Anthere liegen, aus denen sie bei der Reife als Blumenstaub oder Pollenkörner herausfallen. (Fig. 48 a ein stark vergrößerter Durchschnitt eines Antherenfaches von Oenothera nach Nägeli, dem links nur ein Theil der Fachwandung anhängt. Bei o ist die Oberhaut durchschnitten, n ist die das Innere des Faches auskleidende Zellenschicht und zwischen ihr und der Oberhaut liegen noch drei andere Zellenschichten. Im Innern des Faches erblickt man nur zwei übereinanderstehende Pollenmutterzellen, wo in der obern sich zwei, in der untern aber sich drei Pollenkörner gebildet haben.)

Fig. 48.

Eine Abweichung von diesen normalen Verhältnissen zeigen solche

Digitized by Google

Staubbeutel, welche Pollenkörner enthalten, die auch noch nach ihrer vollkommenen Reife unter einander zu einer Masse, den sogenannten Pollenmassen der Orchideen und Asclepiadeen verbunden sind. (Fig. 48 c zeigt eine solche Pollenmasse einer Asclepiadee; am Grunde derselben befindet sich ein stielförmiger Körper, durch welchen die Masse später an die Narbe befestigt wird.) Bei den Orchideen unterscheidet man pulverartige und wachsartige Pollenmassen. Die Letzteren sind denen der Asclepiadeen durchaus ähnlich gebildet; bei den ersteren findet sich ein fein verästelter Stiel, an welchem die Pollenkörner noch zu vier vereinigt (wie sie in den Mutterzellen entstanden) ansitzen (s. Fig. 48 b). Diese stielförmigen Körper beider Pollenformen entstehen durch eigenthümliche Umbildung des Colenchyms.

Die Pollenkörner selbst bestehen in ihrem reifen Zustande aus einer innern Membran (Intine), die gänzlich strukturlos ist. Nach Außen findet sich aber ein eigenthümlicher Stoff abgesondert, welcher um die innere Membran eine zweite Schaale bildet, die selten glatt, sondern meistens mit Höckern, Stacheln, Löchern u. s. w. verschiedentlich versehen ist, wie dieß die Figuren 48 d e f zeigen. Nur in seltenen Fällen fehlt diese äußere Schaale, durch welche unter andern auch die Verwachsung der Pollenkörner zu Pollenmassen ꝛc. bedingt wird.

Werfen wir einen Rückblick auf die Sporen der Cryptogamen, so finden wir eine auffallende Aehnlichkeit in deren Bildungsgeschichte mit der des Pollens, selbst eine äußere ähnlich abgesonderte Schaale deckt bei vielen Sporen deren Membran von Außen.

Bevor wir nun den Pollen verlassen, wollen wir noch einer Eigenthümlichkeit desselben gedenken. Bringt man denselben nämlich mit Wasser in Berührung, so beginnt die innere Membran desselben zu wachsen, und indem sie die äußere Schaale an einer schon vorher hervortretenden Stelle durchbricht, bildet sie eine schlauchförmige Verlängerung, wie dieß Fig. 46 f zeigt. Bei der Lehre über die Befruchtung werden wir hierauf zurückkommen.

Die Fruchtblätter, welche den einfachen oder zusammengesetzten Stempel bilden, zeigen in ihrem innern Bau viel Aehnlichkeit mit den eigentlichen Blättern; die Spitze derselben oder die Narbe ist mit keiner Oberhaut besetzt. Von ihr aus geht im Mittel des Griffels eine Schicht langgestreckter schlauchförmiger Zellen, die unter einander eine sehr lose Verbindung zeigen bis hinab in die Höhlung des Fruchtknotens und breitet sich da an den Wandungen desselben, besonders aber um die Plazenten herum aus. Nach oben endet dieselbe in die papillenartigen Hervorragungen der Narbe. Dieses Zellgewebe hat den Namen leitendes Zellgewebe erhalten und wenn es die Wandungen einer kanalförmigen kleinen zentralen Höhlung bildet, die von der Narbe nach dem Fruchtknoten geht, so nennt man diese Höhlung Griffelkanal.

Die Plazenten (die wulstförmigen, meist an den Blatträndern liegenden Erhabenheiten, die die Samenknospen tragen, vergl. Seite 40) bestehen aus Gefäßbündeln, die nach Außen von Parenchym umgeben

Digitized by Google

sind. Die Eier oder Samenknospen treten an denselben Anfangs als kleine zellige Erhabenheiten auf, welche den Eikern bilden. Derselbe wird dann später von seinem Grunde aus von zwei Zellschichten überwachsen, aus denen die Samenknospendecken (s. Fig. 26 d e f) hervorgehen. Von den Plazenten endlich gehen Gefäßbündel bis in den Grund der Samenknospe ab, wo sie erlöschend den Hagelfleck (Fig. 26 d e f bei h) darstellen.

Siebentes Kapitel.

Der Inhalt der Zellen und die vorzüglichsten Pflanzenstoffe.

Die vegetirende Zelle besteht, wie wir früher sahen, aus dem Inhalt und der umschließenden Membran. Der Inhalt ist entweder von durchaus flüssiger, wasserheller Beschaffenheit, und wird dann Zellsaft genannt, oder es besteht derselbe theilweise aus festen Stoffen in Form von Bläschen, Körnern ꝛc., die entweder den Wandungen anliegen oder frei im Zellsaft schwimmen.

Bei jeder Neubildung von Zellen muß erst der Zellinhalt gegeben sein und erst um diesen bildet sich die Membran, indem sie als Produkt des Zelleninhaltes nur als die äußerste erstarrte Schicht desselben zu betrachten ist.

Der Inhalt der gleichen Zelle ist nach den verschiedenen Lebensperioden ein durchaus verschiedener. Zellen, welche keinen flüssigen Inhalt mehr besitzen, sondern Luft führen, sind als abgestorben oder zeitweise außer Thätigkeit gesetzt zu betrachten.

So mannigfacher Natur auch der Zelleninhalt oder die Pflanzenstoffe sind, so werden sie doch in ihrer großen Mehrheit durch die Vereinigung von vier einfachen Grundelementen, dem Kohlenstoff (C), dem Wasserstoff (H), dem Sauerstoff (O) und dem Stickstoff (N) gebildet, indem diese in verschiedenen Verhältnissen zusammentretend, sich zu flüssigen oder festen Stoffen einigen. Die lediglich aus diesen Grundstoffen gebildeten Substanzen nennt man organische Stoffe.

Außer denselben kann jedoch die Pflanze auch unorganische Stoffe, gelöst im Wasser, von Außen aufnehmen, wie Chlor, Jod, Brom, Silicium, Schwefel, Phosphor ꝛc. Es sind diese letzteren Stoffe für das Leben der Pflanze zwar ebenfalls nothwendig, sie kommen aber in viel geringerer Menge im Pflanzenkörper vor und werden gemeinschaftlich unter dem Namen anorganische Stoffe bezeichnet.

Der größere Theil der organischen Stoffe besteht nur aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff, wobei die beiden letzteren gemeiniglich im Verhältniß der Wasserbildung (zwei Theile H, ein Theil O) vorhanden sind, so daß man also das von der Pflanze von Außen im unorganischen Zustande aufgenommene Wasser als einen der wichtigsten Theile aller organischen Verbindungen ansehen kann. Man nennt alle derartigen Stoffe stickstofffreie Verbindungen und andererseits die-

Digitized by Google

jenigen, zu denen noch Stickstoff hinzutritt, stickstoffhaltige Verbindungen.

Die stickstofffreien Verbindungen bilden die Mehrzahl der wichtigsten organischen Stoffe. Da sie aus nur drei einfachen Grundelementen entstanden, und lediglich durch das gegenseitige Verhältniß, in welcher Menge jeder dieser Stoffe an der Bildung Theil nimmt, verschieden, — so ist es leicht ersichtlich, daß alle derartigen Verbindungen eine große Verwandtschaft zu einander zeigen, und der eine Stoff durch den Lebensprozeß leicht in den andern übergeführt werden kann, — oder mit andern Worten die einen Stoffe gleichsam nur Bildungsstufen später gebildeter Stoffe, oder umgekehrt andere Rückbildungen zuvor gebildeter Stoffe (der Reservenahrung) sind.

Abgesehen von ihrer Zusammensetzung unterscheiden wir die folgenden Stoffe als solche, die für das Pflanzenleben von allgemeiner Bedeutung sind: 1. der Membranenstoff, 2. das Amyloid, 3. die Pflanzengallerte, 4. das Stärkemehl, 5. das Gummi, 6. der Zucker, 7. der Inulin, 8. fette Oele, ätherische Oele, Wachs, Harz, 9. das Chlorophyll, 10. die Farbstoffe, 11. die Pflanzensäuren, Alkaloide, Salze und Krystalle, 12. die Extraktivstoffe, 13. die assimilirten stickstoffhaltigen Stoffe (Proteinverbindungen). Diese Stoffe kommen entweder im gelösten Zustande im Zellsafte vor und können dann nur durch Hülfe chemischer Reagentien nachgewiesen werden, oder sie nehmen feste Gestalten an, so daß sie auch mittelst des Mikroskopes aufgefunden werden können. Die acht zuerst aufgeführten Stoffe sind stickstofffreie Verbindungen; diese und Nr. 13 oder die stickstoffhaltigen Stoffe nennt Schleiden assimilirte Stoffe, weil sie für Entstehung und Ausbildung der einzelnen Zelle unerläßlich nothwendig erscheinen.

1. Der Membranstoff, auch Zellstoff, Holzfaser, Cellulose genannt, bildet den Hauptbestandtheil der Zellmembranen und besteht aus zwölf C, zwanzig H, zehn O. (Wir geben nur das Mittel verschiedener Angaben, indem die chemischen Analysen hier sehr wechseln, weil es sehr schwer ist, derartige Stoffe durchaus rein darzustellen.) Im ausgebildeten Zustande stellt er einen zähen, elastischen, biegsamen, vollkommen durchsichtigen Stoff dar, der sich trocken zusammenzieht, naß ausdehnt, in allen bekannten Lösungsmitteln unlöslich erscheint, und für alle Flüssigkeiten und Auflösungen durchdringbar ist. Selten bildet jedoch der Membranstoff für sich allein die Zellmembranen, oft nimmt er Stoffe verschiedener Zusammensetzung in sich auf und geht in Folge davon seine Farbe vom Wasserhell bis ins Dunkelbraun über, wie z. B. bei den Farrenkräutern.

2. Das Amyloid ist ein mit dem Membranstoff nah verwandter Stoff, der, wie es scheint, bei der Bildung der Verdickungsschichten der Zellmembran thätig ist. Es ist ein trocken knorpelartiger, feucht gallertartiger, durchsichtiger Körper, der in stärkeren Säuren und Aetzkali, nicht aber in Aether und Alkohol löslich ist, und durch Jod blau gefärbt wird. Derselbe kommt in den hornartigen Cotyledonen einzelner Leguminosen (Tamarindus, Schotia etc.) in der Samenschaale von Tropaeolum

Digitized by Google

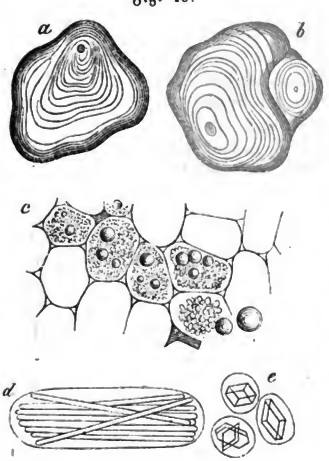
vor und bildet im isländischen Moos den als Flechtenstärke bekannten Stoff, der aus zwölf C, zwanzig H, fünf O besteht.

3. Die Pflanzengallerte (Pflanzenschleim der Chemiker, Salep) zeigt mit den beiden vorhergehenden Stoffen eine nahe Verwandschaft; ist trocken ein knorpelartiger Stoff, der im Wasser gallertartig aufquillt und durchsichtig erscheint; löst sich im süßen Wasser auf, wird durch Aetzkali in eine Säure verwandelt, Aether und Alkohol wirken nicht auf ihn ein, und Jod färbt ihn nicht. Dieser Stoff bildet die junge Zellmembran, die gallertartigen Membranen der Meeralgen, und findet sich in den Zellen der Knollen unserer einheimischen Orchideen, in welch letzterer Form er als Salep bekannt ist. Nach Walder besteht er aus zwölf C, sechszehn H, zehn O.

4) Das Stärkemehl oder Amylon findet sich nur als Inhalt der Zellen gemeiniglich in der Form von kleinen Körnchen, deren Größe zwischen 0,08‴ und 0,0009‴ schwankt. Diese Körnchen schwimmen bald im Zellsaft, bald hängen sie der Membran unregelmäßig an, trocken sind sie hart, im kochenden Wasser quellen sie sehr stark, bis auf das Hundertfache ihres Volumens auf, ohne sich aufzulösen, und bilden in diesem Zustande den Kleister. Jod färbt das Stärkmehl blau, starke Säuren wirken wie heißes Wasser.

Das Stärkemehl ist einer der wichtigsten Stoffe der Pflanze, es findet sich mit Ausnahme der Pilze in allen Pflanzen. Die Form der einzelnen Kügelchen ist je nach den Pflanzen verschieden, bald rundlich, bald länglich, eckig ꝛc. Sie liegen entweder einzeln (Fig. 49 a) oder es ballen sich einige zusammen (Fig. 49 b). Selten ist es der Fall, daß sich viele Körner zu einer Masse vereinigen, wie dieß in den Zwiebeln von Crocus der Fall ist.

Fig. 49.



Die Stärkemehlkörner der verschiedenartigsten Gestaltungen stimmen jedoch darin überein, daß sie nicht aus einer homogenen Masse, sondern aus vielen übereinander geschachtelten Schichten bestehen (s. Fig. 49 a und b, Stärkemehlkörner aus der Kartoffel nach Unger) von denen die innersten Schichten und der Kern am weichsten und das meiste Wasser enthalten. Entzieht man dem Stärkemehlkorn durch Alkohol das Wasser, so zieht sich in Folge dessen der Kern zusammen und es bildet sich eine Höhlung in demselben.

Digitized by Google

Die Schichten selbst sind gemeiniglich auf einer Seite dicker als auf der andern, wodurch der Kern auf die Seite gerückt wird. Nach den zu Gießen gemachten Untersuchungen besteht das Amylon aus vierundvierzig C, sechs H, neunundvierzig O.

Das Stärkemehl ist nur eine vorübergehende Bildung in der Pflanzenzelle, die sich zu der Zeit der Ruhe, welche dem neuen Triebe vorausgeht, in reichlichster Menge vorfindet und die sogenannte Reservenahrung bildet. Es findet sich daher in allen den Theilen der Pflanze am häufigsten, wo Neubildungen entstehen, so im Samen, den Zwiebeln, den Knollen, Wurzelstöcken, in Wurzeln und dem Marke des Stammes.* Beim beginnenden Triebe verschwindet es jedoch wieder, indem es aufgelöst, in verwandte Stoffe, wie Zucker, Gummi ꝛc. umgebildet und zur Ernährung der jungen Triebe verwendet wird. Daher kommt es, daß Kartoffeln, die im Keller getrieben, viel weniger nahrhaft sind, oder daß solche, die noch nicht gehörig ausgereift, noch weniger Stärkemehl enthalten und in Folge dessen beim Absieden weniger mehlig und wässeriger als gut ausgereifte sich verhalten.

Ueber die Bildung des Stärkemehls ist man sehr abweichender Meinung. Die einen nehmen an, daß die innern Schichten sich zuerst bildeten und die äußeren durch allmälige Ablagerung aus dem Zelleninhalt entständen (Schleiden, Unger); nach andern entstehen die inneren weicheren Schichten zuletzt (Payen, Winter); Nägeli endlich vergleicht das Amylonkorn mit der Zelle und schreibt ihm eine äußere Membran zu, an der sich aus dem innern flüssigen Inhalt die Schichten als Verdickungsschichten allmälig ablagern.

Während in dieser Richtung unsere tüchtigsten Forscher getheilter Ansicht sind, ist es in anderer Beziehung den Chemikern noch nicht gelungen, das Stärkemehl aufzulösen, ohne daß ein Aufquellen desselben vorausgeht; in den kleinen unzähligen chemischen Retorten des Pflanzenkörpers, in der Zelle, geht aber diese Auflösung und Umwandlung zu andern Stoffen ganz allmählig ohne Aufquellen vor sich.

Wir haben dem Stärkemehl eine so einläßliche Betrachtung gewidmet, da es nicht bloß für die Pflanze einer der wichtigsten Stoffe ist, sondern weil es auch im Haushalt des Menschen der unbedingt wichtigste Pflanzenstoff ist, der in den verschiedensten Gestalten genossen wird, da er es ist, der den Wurzelgewächsen, dem Getreide, den Samen der Hülsenfrüchte u. s. f. hauptsächlich den Nahrungsgehalt verleiht, so daß man mit Sicherheit annehmen darf, daß das Stärkemehl zwei Drittel aller unserer Nahrungsstoffe ausmacht.

5. Das Gummi und Dextrin ist eine formlose, trocken spröde,

* Im Großen wird es gemeiniglich aus den Kartoffeln dargestellt, wobei vollkommenste Maceration, so daß die umschließenden Zellmembranen zerrissen werden, Hauptsache ist, sofern nicht ein großer Theil des Stärkemehls nicht ausgezogen und verloren gehen soll. Der Sago stammt aus dem Mark der Sagopalme, die Zwiebel der Kaiserkrone hat man wegen ihres hohen Gehaltes an Stärkemehl in neuerer Zeit zum Anbau vorgeschlagen ꝛc.

Digitized by Google

glasartige Substanz (zwölf C, zwanzig H, zehn O), welche leicht im Wasser und diluirten Säuren löslich ist, im Alkohol, Aether und Oelen aber unlöslich erscheint. Jod färbt es gelb. Es findet sich in den Gummigängen, oder in besondern ganz davon erfüllten Zellen abgeschieden und besitzt dann durch fremdartige Beimischung eine gelbliche Färbung. Zu technischen Zwecken wird es z. B. von den Akazien als Arabin oder Gummi arabicum benutzt und ist ferner als Kirschgummi, Tragantgummi u. s. f. bekannt. Aufgelöst im Zelleninhalt kommt es ebenfalls häufig vor, und ist in diesem Zustande wohl mit dem Dextrin, einen mit dem Stärkemehl nah verwandten Stoff, identisch. Letzteres wird durch diluirte Schwefelsäure in Traubenzucker verwandelt.

6. Der Zucker kommt nur im gelösten Zustande, sehr selten krystallisirt, innerhalb der Zellen vor. Gereinigt bildet er im festen Zustande wasserhelle Krystalle, die im Wasser leicht, im Alkohol wenig, in Oelen gar nicht löslich sind (zwölf C, zwanzig H, zehn O). Derselbe zeichnet sich durch seinen süßen Geschmack aus, und ist vorzugsweise als Rohrzucker in den Pflanzen sehr verbreitet. In großer Menge kommt er in dieser Gestalt in dem zur Zuckerfabrikation benutzten Zuckerrohr, den saftigen Wurzeln der Runkelrübe und Möhre vor, ist aber auch in den Stengeln der Gräser, in saftigen Wurzeln, süßen Früchten ꝛc. überhaupt häufig. Er ist als eine Uebergangsbildung zum Stärkemehl zu betrachten, da er sich in allen Pflanzenorganen, wo dieses sich bildet, vor der Ablagerung desselben in größerer Menge findet und im Frühling beim Keimen der Samen, beim Trieb der Bäume, das gelöste Stärkemehl sich wieder zum Zucker zurückbildet.* Eine besondere Form des Zuckers ist der in den Weintrauben sich findende Traubenzucker (zwölf C, achtundzwanzig H, vierzehn O).

7. Inulin ist ein mit dem Stärkemehl sehr nah verwandter Stoff, der in den Zellen in sehr kleinen, runden, wasserhellen Kügelchen vorkommt, sich im kochenden Wasser leicht auflöst und beim Erkalten wieder körnig ausscheidet. Im kalten Wasser quillt er nur auf und wird wasserhell, Jod färbt ihn gelbbraun und in Aether und Alkohol ist er unlöslich (vierundzwanzig C, achtunddreißig H, achtzehn O, nach andern gleich der Stärke). Das Inulin kommt z. B. in den fleischigen Wurzeln der Dahlien, des Topinambour der Cichorienwurzel, an der Stelle der Stärke vor und ist wahrscheinlich ein sehr verbreiteter Stoff.

8. Fette Oele, ätherische Oele, Wachs, Harz sind in ihrer

* Es ist bekannt, daß auch der Saft vieler Bäume im Frühling in Folge dessen einen hohen Zuckergehalt besitzt. So benutzt man den aus dem Zuckerahorn mittelst Anbohrens ausströmenden Saft zur Zuckerbereitung, so werden aus dem Saft der Palmen und der Birke geistige Getränke bereitet, da bekanntlich der Weingeist mittelst der Gährung sich aus dem Zucker bildet. Je höher daher der Zuckergehalt des Mostes, je geistiger wird das Getränke. Hierauf beruhen auch die in neuerer Zeit vielfach betriebenen Verbesserungsarten schlechter Weine durch Zusatz von Zucker, oder Wasser und Zucker. Die Technik benutzt zu diesem Zwecke die nahe Verwandtschaft von Stärke und Zucker, und bereitet zu diesem Zwecke den jetzt auch im Handel vorkommenden Stärkezucker.

Digitized by Google

Zusammensetzung allerdings sehr verschiedenartige Stoffe; es ist ihnen aber die Eigenschaft der Fettigkeit, d. h. mit dem Wasser sich nicht zu vermischen und Fettflecken zu verursachen gemeinsam. Die fetten Oele kommen innerhalb der Zellen in Form von größeren oder kleineren Tropfen (Fig. 49 c, Schnitt aus einem Samenlappen von Helianthus pilosus, nach Unger) vor und vertreten oft die Stelle des Amylon. Dieselben lösen sich leicht in ätherischen Oelen, weniger leicht in Alkohol und Aether. Mit Alkalien bilden sie Seife. Sie kommen in den Samen vieler Pflanzen, so in den zur Oelbereitung angebauten Rübsamen, Mohn, Lein, der Sonnenblume und anderen ähnlichen Oelpflanzen, seltener in den Fruchthüllen, wie bei den Oliven und einigen Palmen, in Menge vor.

Die ätherischen Oele sind die Träger der eigenthümlichen Gerüche der Pflanzen. Sie füllen, in größerer Menge bereitet, einzelne Zellen und Zellparticen oder Lücken gänzlich aus, und werden dann Oelbehälter (Fig. 47 a bei d d) oder Drüsen genannt. Da wo sie im Zellsafte vertheilt vorkommen, wie in den Zellen der Blumenblätter, lassen sie sich dagegen durch das Mikroskop nicht auffinden. Viele derselben werden ausgezogen und kommen in den Handel, so das Terpentinöl und Wachholderöl aus den Zapfenbäumen, das Zitronenöl und Bergamotöl der Orangen, das Aniséöl und Fenchelöl der Doldengewächse, das Rosmarinöl, Patschouliöl und Lavendelöl der Labiaten, das Rosenöl der Rosen, u. a. m.

Das Wachs ist ebenfalls ein in der Pflanze sehr verbreiteter Stoff, der in den Zellen und von denselben ausgeschieden vielfach vorkommt. In letzterer Form bildet er einen Ueberzug über die Oberhaut, wodurch Blätter und Früchte das eigenthümliche bereifte Ansehen erhalten. Sehr bedeutend ist diese Wachsabsonderung am Stamme der Wachspalme (Ceroxylon andicola), an den Früchten von Myrica cerifera und anderen Pflanzen, aus denen das vegetabilische Wachs bereitet wird.

Die Harze, meist wasserhelle oder gelbliche Stoffe, die trocken spröde, durch Wärme flüssig gemacht werden, im Wasser aber vollkommen unlöslich sind. In den Pflanzen besitzen sie als Absonderungsprodukte eine sehr allgemeine Verbreitung und kommen meist gemischt mit Oel, Wachs, Gummi ꝛc. vor. Die Nadelhölzer zeichnen sich unter unsern einheimischen Pflanzen durch ihren Gehalt an Harzen aus. Der Bernstein ist das Harz fossiler Nadelhölzer, Gutta-Percha und Kautschouk (Federharz) sind ebenfalls den Harzen verwandte Stoffe, die aufgelöst im Milchsaft von Bäumen der Tropenländer vorkommen. Harz mit ätherischen Oelen gemischt wird Balsam genannt, so der Mekkabalsam aus Balsamodendron, der Copaivabalsam aus Copaifera, der Storax aus Liquidambar etc.

9. Das Chlorophyll oder Blattgrün, ein unter den höheren Pflanzen nur wenigen Pflanzen fehlender Stoff, der die grüne Farbe der Blätter ꝛc. bedingt. Es findet sich niemals im Zellsafte aufgelöst, sondern immer in Form einer halbweichen Masse von bestimmter oder

Digitized by Google

unbestimmter Gestalt. Am häufigsten kommt es in Form kleiner grüner Kügelchen (s. Fig. 38 e in den Zellen unterhalb der Oberhaut) vor, welche gemeiniglich regellos an der Zellmembran anliegen, seltener, wie bei den Charen, in Reihen geordnet sind. Bei manchen Algen, wie bei Zygnema, bildet das Chlorophyll ein plattes, spiraliges Band, bei anderen Ringe u. s. f.; endlich findet es sich auch häufig die Stärkemehlkörner überziehend. Durchaus formlos wird es nur selten beobachtet.

Das Chlorophyll ist kein einfacher Stoff, wie die acht vorhergehenden, sondern ist aus Wachs und einem grünen Farbstoff zusammengesetzt. Der vom Wachse befreite Farbstoff besteht nach Mulder aus achtzehn C, achtzehn H, zwei N, acht O, enthält also auch eine geringe Menge Stickstoff; in starken Säuren ist er löslich. Es entsteht unter Einfluß des Lichtes in den unmittelbar unter der Oberhaut liegenden Zellen, die Art seiner Bildung ist aber noch dunkel, sehr wahrscheinlich sind jedoch Proteinverbindungen die erste Veranlassung seiner Entstehung. Die Einwirkung des Lichtes ist dabei unerläßlich, woher es kommt, daß durchaus im Dunkeln gewachsene Pflanzentheile farblos sind. Nägeli nimmt an, es entwickele sich ähnlich wie Zellen, und bestehe aus einer weißlichen äußern Membran und grünlichem Inhalt.

Von der größeren oder geringeren Menge des Chlorophylls, von seinem Verhältniß zum beigemischten Wachs und Zersetzung desselben hängen die verschiedenen Färbungen der Pflanzen ab. Verwandt mit dem Chlorophyll ist der Indigo, der sich in den Blättern der Indigofera-Arten, des Polygonum tinctorium und der Isatis tinctoria findet. Die gelbe Farbe der absterbenden Blätter im Herbst entsteht durch eine Veränderung des Chlorophylls zu einem gelben Farbstoffe, den man Xanthophyll nennt.

10. Die Farbstoffe, welche die rothe, blaue und gelbe Färbung bedingen, kommen entweder gelöst im Zellsafte vor, oder sie finden sich in Form kleiner Kügelchen, wie dieß beim blauen und rothen Farbstoffe vorkommt.

Alle Farbstoffe scheinen stickstoffhaltige Verbindungen zu sein. Da es aber sehr schwer, Farbstoffe rein darzustellen, weil sie stets in Gemenge mit anderen Stoffen vorkommen, so fehlen in dieser Hinsicht genauere Analysen noch gänzlich.

Die neuesten Beobachtungen über die Farbstoffe hat Martins gemacht, er unterscheidet überhaupt nur zwei Grundfarben, Blau (Anthocyan) und Gelb (Anthoxanthin). Durch Mischung beider Grundfarben geht nach demselben der grüne Farbstoff hervor, und in Folge der starken Veränderlichkeit des blauen Farbstoffes zeigen die Blätter die Neigung zum Gelbwerden. Durch Einwirkung von Säuren geht ferner das Blau in Roth über, wie in den rothgefärbten Blättern; außerdem kann aber auch die rothe Farbe der Blätter durch Oxydation des gelben Farbestoffes entstehen. Auf ähnliche Weise können auch blaue Blumen durch Einwirkung von Säuren roth werden und außerdem alle Farben zeigen, die durch Mischung von Blau und Roth entstehen.

Digitized by Google

Der gelbe Farbstoff wird ebenfalls durch Oxydation oder Säuren in Roth übergeführt und so entstehen alle aus Gelb und Roth gemischten Farben. Die cyanische (blaue) und xanthinische (gelbe) Farbenreihe sind jedoch in Hinsicht auf Ursprung und Veränderung durchaus verschieden, wenn gleich aus beiden Roth entstehen kann.

Diese Darstellung der bis jetzt sehr dunkeln Farbenlehre hat insofern vieles für sich, als es Thatsache ist, daß die gelbe Farbe der Blumen gemeiniglich die blaue Färbung ausschließt und umgekehrt die blaue Färbung die gelbe. Die weiße Färbung tritt bekanntlich dann ein, wenn gar kein Farbstoff zugegen ist und das Licht zeigt eine bedeutende Einwirkung auf die intensivere Ausbildung der Farbstoffe.

11. Die Pflanzensäuren, Alkaloide, Salze und Krystalle. Eine sehr allgemeine Verbreitung besitzen die Pflanzensäuren, welche sich durch ihren sauren Geschmack auszeichnen und die Fähigkeit besitzen, sich mit verschiedenartigen Basen zu sauren Salzen zu verbinden. Frei kommen sie nur höchst selten vor, wie in den sauren Früchten. Mit Basen verbunden kommen sie entweder im Zellsaft aufgelöst vor, oder werden auch wohl, wenn diese Basen anorganischer Natur sind, zu Krystallen niedergeschlagen. Als die wichtigsten Pflanzensäuren wollen wir nennen:

Die Weinstein- (vier C, vier H, fünf O), Apfel- (vier C, vier H, vier O), und Zitronensäure (vier C, vier H, vier O) besitzen in den säuerlichen Früchten eine sehr große Verbreitung, sie entstehen aus dem Zucker oder gehen in denselben über.

Die Gerbsäure (achtzehn C, sechszehn H, zwölf O) (Tannin, Gerbstoff) zeichnet sich durch den zusammenziehenden Geschmack aus und röthet den Lackmus. Sie besitzt eine sehr große Verbreitung, so in der Rinde der Bäume, in den durch Insekten veranlaßten Gallen, in den Blättern vieler Pflanzen, wie in denen des Theestrauches, in vielen Früchten, wie in den Mostbirnen und andern Pflanzentheilen. Sie kommt immer nur im gelösten Zustande und in alten abgestorbenen Rinden den Membranen adhärirend vor. Die an Gerbstoff besonders reiche Rinde der Eichen wird bekanntlich zum Gerben des Leders benutzt.

Außer diesen sind noch Verbindungen von C, H, O die Essigsäure, Fumarsäure, Baldriansäure und Equisetsäure u. a. m., welche von keiner Wichtigkeit sind.

Von hoher Wichtigkeit für das Pflanzenleben sind endlich noch zwei nur aus Kohlenstoff und Sauerstoff bestehende Säuren, die Kohlensäure und Kleesäure.

Die Kohlensäure (ein C, zwei O) findet sich frei im Zellsaft. Sie wird aus der Erde und der Luft von der Pflanze aufgenommen und bildet die wichtigste Quelle des Kohlenstoffes für die Pflanze, welcher letzterer das Gerippe der Pflanze bildet.

Die Kleesäure oder Oxalsäure (zwei C, drei O) besitzt ebenfalls eine große Verbreitung und findet sich z. B. in allen Saftpflanzen, den Cacteen, Crassulaceen etc.

Digitized by Google

Die Alkaloide sind stickstoffhaltige Verbindungen, die sich ähnlich wie die mineralischen Alkalien verhalten, indem sie die Eigenschaft besitzen, sich zu organischen und unorganischen Säuren wie Basen zu verhalten, und mit ihnen Salze zu bilden. Unter den bekannteren Stoffen der Art, welche sämmtlich keine große Verbreitung besitzen, nennen wir z. B. den Veratrin, Solanin, Atropin, Chinin, Strychnin etc., alles von der Pflanze bereitete für die Heilkunde wichtige Stoffe.

Die Salze, welche in den Pflanzen vorkommen, entstehen, wie wir bereits sahen, durch Verbindung der organischen und unorganischen Säuren (zu letzterer gehören z. B. die Phosphor- und Schwefelsäure) mit Alkaloiden oder den von der Pflanze im gelösten Zustande aufgenommenen anorganischen Alkalien. Solche Salze bilden zum größten Theil die festen, beim Verbrennen sich nicht verflüchtigenden Theile der Asche der Pflanze. Sie finden sich aufgelöst vorzüglich in den lebhafter vegetirenden Theilen der Pflanze, in dem Holze sind sie seltener. Unter ihnen sind äpfelsaurer, zitronsaurer, kleesaurer Kalk, weinsteinsaures Kali u. s. w., die häufigsten. Manche derselben bilden sich in solcher Menge, daß sie nicht mehr im Zellsaft aufgelöst bleiben können, sondern auskrystallisirend die Krystalle bilden, welche sich zuweilen in den Pflanzen finden. Diese Krystalle, welche ihrer großen Mehrheit nach, aus kleesaurem, kohlensaurem und phosphorsaurem Kalke bestehen, finden sich bald einzeln in einer Zelle, bald zu mehreren einzelne größere Zellen gänzlich erfüllend. In ihrer Form zeigen sie sehr viele Abänderungen, welche sich jedoch auf zwei Hauptformen reduziren lassen, nämlich:

Spießförmige Krystalle (Raphiden) von langer prismatischer nadelförmiger Gestalt, kommen gemeiniglich in dichten Bündeln in einzelnen größeren gestreckten Zellen vor (Fig. 49 d eine solche Zelle aus dem Blatte von Aloë glauca nach Unger).

Rhomboedrische und prismatische Krystalle, von kürzerer vielseitiger Gestalt, bisweilen zu sternförmigen Drüsen vereinigt (Fig. 49 e Zellen aus dem Marke von Ficus bengalensis nach Unger).

Obgleich die Quantität der mit anorganischen Basen vereinigten Salz- und Krystallbildungen wesentlich von der Beschaffenheit des Bodens bedingt wird, so sind diese dennoch keine zufällige Erscheinungen, sondern es hängt ihre Beschaffenheit und Menge ebensowohl auch von der Natur der Pflanze ab. Säure und Krystallbildungen schließen Amylon und Chlorophyllbildung in den gleichen Zellen zwar gerade nicht aus, kommen aber doch sehr selten neben einander vor. Es scheinen somit die Säuren von wesentlichem Einfluß auf die Umwandlung des Amylons in Zucker und Gummi zu sein.

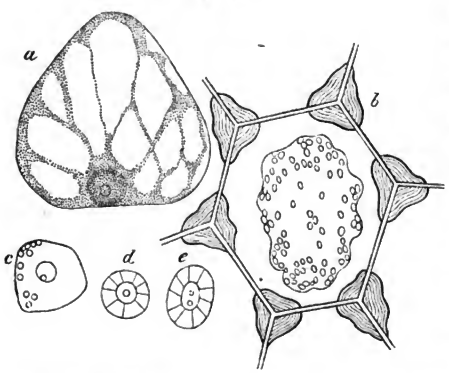
12. Extraktivstoffe sind sehr mannigfaltige, beinahe in jeder Pflanzenart anders zusammengesetzte Stoffe aus C, H, O, wozu bisweilen auch noch N tritt. Von den Säuren und Alkaloiden unterscheiden sie sich, daß sie weder sauer noch alkalinisch sind. Sie bilden im Uebrigen, gleich den Alkaloiden, jene eigenthümlichen, unsern kräftigsten Arznei- oder Handelspflanzen eigenen Stoffe und werden dadurch für

Digitized by Google

den Menschen von hoher Bedeutung. So der Quassin, Salicin, Smilacin, Coffein, Thein, Piperin u. a. m.

13. Die assimilirten stickstoffhaltigen Stoffe, auch Proteinverbindungen oder der Pflanzenschleim Wir fassen diese für die Pflanze so wichtigen Stoffe, welche in innigster Beziehung zum Leben oder den Lebenserscheinungen innerhalb der Zellen stehen, unter diesen gemeinsamen Namen zusammen, weil sie ungemein nahe mit einander verwandt sind, wenn gleich sie als Eiweißstoff, Kleber, Leim ꝛc. unterschieden werden. Die Chemie unterscheidet in neuester Zeit den Casein, Albumin, Fibrin und Leim als verschiedenartige derartige Verbindungen. Alle diese Stoffe kommen aufgelöst oder halbflüssig in Form eines körnigen Schleimes vor, welchen Jod dunkelgelb und konzentrirte Schwefelsäure gelbroth färbt (s. Fig. 50 b c).

Fig. 50.



In größter Menge findet man dieselben im jüngsten Zellgewebe. Hier bilden sie den Zellkern, von welchem die Saftströmungen ausgehen. Der Zellkern (Kern, Cytoblast, Nucleus, Kernbläschen) liegt entweder frei ziemlich im Zentrum der Zelle oder an der Wand an. (Fig. 50 a) Derselbe ist wohl in allen jungen Zellen der höher und niedriger organisirten Gewächse zugegen und in den jüngsten Zellen oft so groß, daß er das Lumen derselben fast gänzlich ausfüllt. Später vergrößert sich die Zelle, der Zellkern aber nicht mehr und in ältern Zellen verschwindet er ganz. Er ist von kugelförmiger, sphäroidischer oder linsenförmiger Gestalt. Anfänglich besteht er aus einem körnigen, stickstoffhaltigen Schleim, zwischen dem sich zuweilen auch andere Stoffe, wie Amylon, Oel ꝛc. finden. Diese Masse umschließt ein oder mehrere dunkle, scharf abgegrenzte Körperchen, die Kernchen oder Kernkörperchen (Fig. 50 c und d mit einem Kernkörperchen, e mit zweien). Später bildet sich um den ganzen Zellenkern eine zarte Schleimhaut (Membran?) und auch die Kernkörperchen lassen häufig eine solche erkennen.

Um den fertigen Zellenkern herum lagert stets stickstoffhaltiger Schleim (Proteinverbindungen) und vertheilt sich in der mit wässerigem Inhalt erfüllten Zelle gemeiniglich in Form von netzförmigen Fäden (Fig. 50 d e), an welchen der Zellenkern gleichsam aufgehängt erscheint,

Digitized by Google

und lagert sich auch an der innern Wandung der Membran ab, wo er noch eine besondere schleimartige Hülle oder zweite Membran um den ganzen Zelleninhalt bildet. Diese so eigenthümlich in der Zelle vertheilte stickstoffhaltige Schleimmasse nennt Mohl **Protoplasma** und die den Zelleninhalt umschließende innere stickstoffhaltige Membran den **Primordialschlauch**. Fig. 50 a gibt die Darstellung dieser Art der Vertheilung des Schleims nach Mohl. Wird solch eine Zelle in Alkohol gelegt oder mit Salpeter- oder Salzsäure behandelt, so zieht sich der Primordialschlauch zusammen und entfernt sich von der Zellmembran, wie dieß Fig. 50 b nach Mohl zeigt.

Wie schon bemerkt finden sich diese Bildungen nur in dem jugendlichen Zellgewebe, in welchem Neubildungen entstehen. Etwas später bilden sich in den netzartigen Schleimfäden jene eigenthümlichen Strömungen im Innern der Zellen, welche vom Zellenkerne ausgehen und mittelst verschiedenartiger Verzweigung und Wiedervereinigung der kleinen Strömchen wieder zu demselben, als gleichsam dem Sitz des Lebens, zurückkehren. Die Dicke und Lage dieser fadenförmig erscheinenden Strömungen im Innern der Zellen ist steten Aenderungen unterworfen, woraus sich schließen läßt, daß sie sich frei ohne besondere Wandungen durch den Zelleninhalt bewegen. Der Name **Rotationsströmung**, den man dieser wunderbaren Bewegung des Zellsaftes beigelegt, ist nicht geeignet und paßt nur für einige wenige Fälle, wenn die Strömung einen kreisförmigen Verlauf längs der Zellwandung zeigt, wie bei **Vallisneria**.

Gemeiniglich dauert diese Erscheinung verhältnißmäßig nur kurze Zeit an, indem in älteren Zellen der Zellkern wieder gelöst wird und der Schleim verschwindet oder sich in dichterer Form, wie in den äußeren Zellschichten der Samen der Cerealien ablagert. * Mit der Auflösung des Zellenkernes erstirbt die eigenthümliche erregende Kraft des Pflanzenschleims noch nicht, sondern es können sich an dessen Stelle zwei und mehrere, und um diese herum neue Zellen (Tochterzellen) im Innern der alten Zelle (Mutterzelle) bilden. Es ist somit der Zellkern die erste Bildung der neuen Zelle und durch seinen Einfluß scheint die Bildung der Membran aus dem fertigen Inhalt hervorzugehen.

Werfen wir nun noch schließlich einen Blick rückwärts auf die verschiedenartigen Stoffe, welche in der kleinen Pflanzenzelle vorkommen, bewundern wir die Allmacht der Schöpfung, die in so kleinen, dem unbewaffneten Auge nicht erkennbaren Bläschen, alle die Stoffe erzeugt, welche die wichtigsten Nahrungsmittel der Menschen bilden, so muß uns

* Hieraus geht zur Genüge hervor, warum junge Pflanzentheile im Allgemeinen nahrhafter als alte sind. So z. B. das junge Gras. Der große Vortheil der Alpwirthschaft beruht daher großentheils weniger auf der größern Nahrhaftigkeit der Kräuter, als weil das Vieh, dem schmelzenden Schnee nachgehend, fast während des ganzen Sommers junges frisch gewachsenes Futter findet. Andrerseits leuchtet es ein, daß stark ausgemahlenes Getreide nahrhafter als schwach ausgemahlenes, da unmittelbar an den Samenschalen die kräftigsten stickstoffhaltigen Nahrungsmittel deponirt sind.

Digitized by Google

auffallen, daß in Bezug auf die festen, im Zellsaft nicht gelösten Stoffe, unter den tüchtigsten Forschern noch so verschiedenartige Ansichten über deren Umgrenzung herrscht. Darin sind alle einverstanden, daß Zellkern, Amylonkügelchen, Chlorophyll ꝛc. von dem andern Zelleninhalt deutlich abgegrenzt sind. Geschehe diese Abgrenzung nun durch mehr oder weniger feste Erstarrung der äußersten Schicht, oder durch besondere Schleimschichten oder durch wirkliche Membranen, so zeigen sich da so allmälige Uebergänge von einer erstarrten Schleim-, Gallert- oder Amylumschicht zur Membran, daß man die verschiedenartigen Ansichten da wohl begreifen kann. Hoffen wir daher, daß auch in dieser Hinsicht fortgesetzte Beobachtung das noch herrschende Dunkel bald aufhellen wird, wozu die fortwährende Verbesserung der Instrumente nicht wenig beitragen dürfte.

Dritte Unterabtheilung.

Die Lebenserscheinungen in der Pflanzenwelt oder die Physiologie der Gewächse in ihrer Beziehung zu Land- und Gartenbau.

Erster Abschnitt.

Ursache der Lebenserscheinungen, Zellenleben und Aufbau der Pflanze aus Zellen.

Erstes Kapitel. Einleitung.

§ 1. Die Lebenskraft.

Die Pflanzenphysiologie begreift die Lehre von den Lebenserscheinungen der lebenden Pflanze in sich, und strebt darnach, diese auf ihre Ursachen zurückzuführen.

Wir haben im vorangegangenen Abschnitte gesehen, daß alle Theile und Stoffe der Pflanze aus einfachen Grundstoffen in der verschiedenartigsten Zusammensetzung bestehen. Jeder dieser Grundstoffe besitzt ihm eigenthümliche Kräfte (Bewegungen), welche theils frei, theils gebunden in die zusammengesetzten Körper mit hinüber genommen, und deren Summe die chemischen Eigenschaften der Pflanzenstoffe bedingen.

Alle diese einfachen Stoffe werden im flüssigen Zustande von Außen von der Pflanze aufgenommen und sind also ursprünglich unorganischer Natur. Die der Pflanze eigenthümlichen organischen Stoffe werden erst durch Vereinigung derselben, mittelst einer in der Pflanze thätigen Kraft gebildet und so entstehen aus den unorganischen Grundstoffen in aufsteigender Reihe die organischen Verbindungen des stickstoffhaltigen Schleims, ferner die Gallerte, der Membranstoff, Gummi und Dextrin, Zucker, Stärkemehl ꝛc.

Es sind dieß sämmtlich Stoffe, die nur in der Pflanzenzelle gebildet werden. Die Chemie kann dieselben wohl in ihre Grundstoffe zerlegen,

Digitized by Google

oder sie in rückwärts gehender Reihe theilweise in einander überführen, wie z. B. Stärkemehl in Dextrin, Dextrin in Zucker, Zucker in organische Säuren ꝛc., oder sie kann auch aus den Pflanzenstoffen Stoffe bereiten, die im Pflanzenkörper gar nicht vorkommen, wie Weingeist, Aether, Holzessig, Chloroform und viele andere. Sie vermag aber bis jetzt noch nicht, auch nur eine einzige der organischen Verbindungen in aufsteigender Reihe herzustellen, sonst müßten wir z. B. aus Zellstoff Stärke bereiten oder mit anderen Worten aus Holz auch Brod backen können. Noch weniger vermag sie diese organischen Verbindungen aus den gegebenen einfachen Stoffen zu bilden, oder andererseits z. B. die Stärke nur in der Weise aufzulösen, wie dieß in der Pflanze geschieht.

Ein noch höherer Ausdruck der in der Pflanze wirkenden Kräfte ist die Bildung der Zellen und deren Formen, welche den Pflanzenkörper bilden und innerhalb derer die organischen Stoffe aus unorganischen gegebenen Elementen geschaffen werden. Jedes Pflanzenindividuum hat ursprünglich aus einer einzigen Zelle bestanden. Bei den niederen Pflanze sind dieß die Keim- und Knospenzellen, bei den höheren aber geht der Same ebenfalls ursprünglich aus einer einzigen Zelle hervor, wie wir später sehen werden. Die Fortpflanzung durch Theilung des Wurzelstockes, durch Zweige und Knospengebilde, wobei ganzen Pflanzentheilen eine selbstständige Entwickelung zu Theil wird, beruhet, wie wir später sehen werden, auf der bedingten Selbstständigkeit der Knospen, zu deren Entstehung ebenfalls ein einzelne Zelle des Gewebes die ursprüngliche Veranlassung gibt.

Bevor unser Erdball mit seiner jetzigen Vegetation bekleidet war, da müssen sich die ersten Zellen der mannigfachen Pflanzenarten, die jetzt unsere Erde bedecken, unmittelbar aus den unorganischen Urstoffen, oder aus einem organischen Gemenge untergegangener Pflanzenschöpfungen (Urschleim), hervorgebildet haben, jetzt aber ist dieß nicht mehr der Fall, denn nirgends kann jetzt derartige Zellbildung noch mit Bestimmtheit nachgewiesen werden, sondern es werden alle die zur Fortpflanzung der Pflanzenart bestimmten Zellen von Mutterpflanzen vorgebildet.

Wir nennen die erstere Art der Zellbildung originäre Zellbildung oder Urerzeugung, die letztere dagegen die sekundäre Erzeugung oder die Fortpflanzung.

Aeltere Botaniker nahmen an, daß auch jetzt noch die verschiedensten Pflanzen durch Urerzeugung, d. h. ohne daß durch Samen oder Keimzellen das erste Element für ihre Bildung gegeben, entstehen könnten und erklärten das plötzlich massenhafte Erscheinen einzelner Pflanzenarten, wo man lange Zeit dieselben nicht beobachtet hatte, einfach durch Urerzeugung. Genaue Beobachtung hat nun aber schon lange diese Ansicht für alle höheren Gewächse verdrängt und die Urerzeugung immer mehr und mehr bis auf die niedrigsten Pflanzenformen zurückgedrängt, deren erste Anfänge so klein sind, daß sie der Beobachtung entgehen. Auch hier hat die angestrengte Beobachtung der Neuzeit aufgeräumt und z. B. nachgewiesen, daß selbst die kleinen Schmarozerpilze

Digitized by Google

immer nur aus von der Stammart vorgebildeten Zellen und nicht etwa, wie dieß die Vertheidiger der Urerzeugung behaupten, durch einen von der Pflanze, auf der sie leben, vorgebildeten Mutterschleim (matrix) entstehen, der alle die Elemente der Zellbildung enthalten und so die allerdings bedingte Urerzeugung dieser kleinen Gebilde erklären sollte. Kaum finden sich unter den tüchtigern Beobachtern der Neuzeit noch einzelne, welche die Urerzeugung der Gährungspilze * vertheidigen, und auch in Bezug auf diese kleinen Pflänzchen, von denen das ganze Individuum nur mit Hülfe starker Vergrößerungen nachgewiesen werden kann, wird die Zeit nicht mehr ferne sein, wo es vollkommen tagt und die Urerzeugung für unsere Jetztwelt für alle Fälle gründlich widerlegt wird. Wir werden später Gelegenheit haben, auf diesen Punkt von höchstem Interesse noch näher einzutreten.

Mit der durch sekundäre Zellbildung entstandenen Mutterzelle für das neue Individuum wird diese einzelne Zelle zugleich mit all den Eigenschaften ausgerüstet, welche den ganzen Entwickelungsgang und des Lebenscyclus begründet, die der Pflanzenart, welche jene Zelle vorbildete, eigen ist. Müssen wir nicht die Größe der Schöpfung in diesen kleinen Gebilden eben so anstaunen, wie andererseits die Größe des unermeßlichen Alls, gegen welches der Mensch, der sich erkühnt, sich den Herrn der Schöpfung zu nennen, in ein Nichts zusammensinkt! Die einzelne, nur mit dem Mikroskop erkennbare Keimzelle des Farrenbaums trägt in sich schon all die Bedingungen und Kräfte vereint, um in Wechselwirkung mit der umgebenden Natur den palmartigen Farrenbaum hervorzubilden; das befruchtete Keimbläschen des mächtigen Eichbaums verhält sich gleichartig, nur mit dem Unterschiede, daß es den ersten Theil seines Entwickelungsganges noch mit der Mutterpflanze vereiniget durchmacht.

Zwar nicht plötzlich geschieht dieß, sondern ganz allmälig, in Wechselwirkung mit der Umgebung, welche die Elemente zur weitern Fortbildung liefert. Der stickstoffhaltige Kern der ersten Zelle löst sich auf oder vertheilt sich, wie wir dieß schon im letzten Kapitel sahen, es entstehen zwei oder mehrere neue Kerne im Innern der ersten Zelle und um diese herum bilden sich eingeschachtelt in die Mutterzelle oder durch Theilung neue Zellen und auf diese Weise wächst und vergrößert sich die Anfangsbildung allmälig zur vollkommenen Pflanze.

Betrachten wir diese Erscheinungen des Pflanzenlebens, so müssen wir gestehen, daß dabei uns noch unbekannte Kräfte thätig sind, deren Gesammtausdruck wir durch Lebenskraft bezeichnen.

Die Ansicht über die Lebenskraft der Pflanzen, welche es ist, die zunächst die Bildung neuer Zellen und in diesen die organischen Bildungen veranlaßt, ist in zwei diametral entgegengesetzte Ansichten getheilt,

* Die Gährungspilze sind kleine einzellige, dem unbewaffneten Auge nicht sichtbare Pflänzchen, die in Flüssigkeiten, in denen Zucker und Schleim aufgelöst ist, zu der Zeit erscheinen, wenn sich der Zucker in Alkohol und Kohlensäure (Gährung) umsetzt.

Digitized by Google

in die der physikalischen und der biologischen Schule. Die erstere derselben behauptet, daß das organische Leben nichts anderes sei, als ein Spiel physikalischer und chemischer Kräfte, welche den einfachen Stoffen eigen sind und frei oder gebunden in die Vereinigung derselben übertreten. Sie nennt mithin die Summe aller zusammenwirkenden freien und gebundenen Kräfte der einfachen, zu einem Ganzen in der Zelle vereinigten Stoffe, die Lebenskraft. Die biologische Schule dagegen nimmt eine spezifische Lebenskraft an, welche mit der Bildung der Zelle in die Erscheinung tritt und alle die Erscheinungen im lebendigen Pflanzenkörper veranlaßt, welche die Chemie auch mit den gegebenen Elementen nicht hervorzubringen im Stande ist.

Bei beiden Ansichten versteht es sich von selbst, daß wir eine besondere Aeußerung der Lebenskraft für jedes Individuum, jedes Organ, jede Zelle annehmen müssen. Nach der Ansicht der physikalischen Schule geht aber beim Tode der Pflanze keine Kraft verloren, sondern äußert sich nur nach der Zersetzung der organischen Stoffe wieder in anderer Weise; nach der Ansicht der biologischen Schule erlischt dagegen mit dem Tode des Individuums, eine mit der Bildung der ersten Zelle desselben erzeugte bildende Kraft. Die physikalische Schule darf ferner die Hoffnung nicht aufgeben, das Wesen der bei der Zellbildung thätigen Kräfte der kleinsten Theile noch so zu erforschen, daß es der Chemie noch möglich wird, die lebende Pflanzenzelle im Laboratorium zu bilden, und mithin die erste Anfangsbildung ganzer Pflanzen, wenn gleich aus gegebenen Elementen, sowie ferner alle organischen Stoffe ohne Mithülfe der Pflanzen beliebig zu erzeugen. *

* Die extremen Vertreter der physikalischen Schule, tragen sich in dieser Beziehung mit den vagsten Hoffnungen, die weil sie im höchsten Grade unwahrscheinlich, weil sie ferner die beliebten Ansichten dieser modernen Philosophie oft in eine durchaus gesuchte, dem einfachen Verstande unverständliche Form, einkleiden, von allen denen, die sie gar nicht oder nur halb verstehen, für geistreich gehalten werden. Unser hausbackener Verstand stellt uns nun nicht auf die Seite jener, welche, wenn ihre Voraussetzungen richtig, allerdings das goldene Zeitalter für unsere Erde herbeiführen würden. Wir könnten dann nicht bloß jede Pflanze beliebig konstruiren und ihr nach der beliebten Phraseologie, durch die sie zusammensetzenden Grundstoffe und das Spiel deren physikalischen und chemischen Kräfte, Leben einblasen, nein, wir brauchten die Pflanzenwelt gar nicht mehr, wir würden direkt aus den Grundstoffen der Luft und der Erde Brot backen, wir setzten diesen nur wieder andere chemische Elemente hinzu, und siehe, die verschiedenen Arten von Fleisch kämen aus der Retorte hervor. Göthes »Homunculus« würde zur Wahrheit, Krankheit und Tod fielen der Geschichte anheim, und der Mensch wäre der wahre Herr der Welt, der der höhern über uns waltenden Kräfte nicht mehr bedürfte, sondern die Materie vollständig beherrschte.

Zur Erklärung dieser Anschauungen nur noch das Folgende: Eine Richtung der modernen materialistischen Physik, begnügt sich nämlich gegenwärtig nicht mehr, die Materie in die uns bekannt gewordene Reihe von siebenzig chemischen unorganischen Grundstoffen (Sauerstoff, Wasserstoff, Kohlenstoff, Stickstoff, Chlor, Eisen ꝛc.) zu zerlegen, und diese sich in ihre kleinsten Theile zerlegt (die chemischen Atome) zu denken, sondern sie geht um den ursächlichen Grund aller im Weltall thätigen Kräfte zu erklären, noch einen Schritt weiter. Sie nimmt nämlich an, daß auch alle diese chemischen Atome, weil in ihren Kräften unter sich so verschieden und weil unter

Digitized by Google

Nach diesen Erläuterungen brauchen wir kaum noch zu sagen, daß wir uns unbedingt zur Ansicht der biologischen Schule bekennen und nicht glauben können, daß es der Forschung des Menschen je vergönnt sein wird, den ursächlichen Grund des Pflanzenlebens klar zu erkennen, so daß es der Chemie gelingen wird, die lebendige Pflanzenzelle darzustellen. Der Mensch steht hier am Scheidewege seines Wissens, er muß in der Pflanze, wie in jeglicher andern Lebenserscheinung in der Natur, eine höhere, über ihm thronende Kraft erkennen, die alle Kräfte in der Natur beherrscht, deren Gesetze wir wohl belauschen können, um nach richtiger Erkenntniß alle gegebenen Kräfte uns dienstbar zu machen, aber ohne selbst organischen oder anorganischen Stoff oder gar Leben schaffen zu können!

Wir nehmen somit außer den mit den einfachen Grundstoffen in die Zelle übertretenden Kräften noch eine besondere Kraft, die *Lebenskraft* an, unter deren anregenden und bildenden Eigenschaften die Zellbildung, sowie die Bildung der organischen Stoffe vor sich geht. Diese Kraft erstirbt mit dem Tode der Pflanze und es fallen dann die in derselben vorhandenen Stoffe, denen ihnen anhängenden physikalischen und chemischen Eigenschaften anheim, unter deren Einfluß in Wechsel-

einander und mit einander in unzählige neue Verbindungen tretend, die wieder Kräfte in ganz anderen Richtungen zeigen, auch diese chemischen nur gedachten Atome keine einfachen Stoffe seien. Die Beobachtung aller der für unsere unvollkommenen Sinne wahrnehmbaren Erscheinungen zeige nämlich, daß das, was wir als eine gleichartige Individualität zu betrachten gewohnt seien, sich immer wieder in einfachere Theile zerlegen lasse, so die Wolke in die einzelnen, sie zusammensetzenden Wasserbläschen, das Wasser in seine chemischen Grundstoffe, diese in die chemischen Atome, — oder die Pflanze in deren Stengel und Blattorgane, die Blattorgane in die große Reihe von Metamorphosen, welche diese zeigen, jede Form derselben in die Elementarorgane (Zellen), die Zellen in Membran und Inhalt, oder in organische und unorganische Verbindungen, diese wieder in die chemischen Grundstoffe und endlich die einfachen chemischen Grundstoffe in ihre kleinsten Theile oder die chemischen Atome. Damit haben die für uns wahrnehmbaren Erscheinungen ein Ende, aber es sind damit noch nicht die uns bekannten Kräfte hinlänglich erklärt. Die Eigenschaft der chemischen Atome, sich mit einander zu neuen Verbindungen zu gestalten oder sich gegenseitig zu durchdringen, ferner deren Ausdehnbarkeit und Zusammendrückbarkeit, sowie die Analogie der wahrnehmbaren Erscheinungen gibt dem Atomisten ferner Veranlassung zu dem Schluß, daß auch diese chemischen Atome noch keine einfachen Körper seien, sondern wir sollen uns dieselben von neuem in die eigentlichen und ächten, mit nur einer Kraft oder Bewegung versehenen Uratome einer durchaus gleichartigen Materie getheilt denken. Diese Uratome theilt die Spekulation (und Berechnung?) wieder in zwei Klassen, in solche, die sich gegenseitig anziehen (ponderabele Uratome) und solche, die sich gegenseitig abstoßen (imponderabele Uratome), oder in wägbare und unwägbare Uratome, durch deren Zusammentreten zunächst wenige einfache Verbindungen und aus der Kombination dieser die chemischen Atome gebildet werden. Die Anziehungs- und Abstoßungskraft dieser Uratome setzt nun ferner voraus, daß jedes Uratom aus einem unendlich kleinen festen, untheilbaren Punkt, umgeben von einem leeren Raum, bestehe, daß sie sich unter einander nie dicht verbinden, und daß eben aus den verschiedenen Stellungsverhältnissen derselben die verschiedenen Kräfte der chemischen Atome, sowie Ausdehnbarkeit und Zusammendrückbarkeit resultirte ꝛc.

Wir können alle solchen Spekulationen nur für das nehmen, was sie sind, für das müssige Spiel einer sogenannten geistreichen Auffassung der Naturerscheinungen,

Digitized by Google

wirkung mit der Umgebung, die Zersetzung oder Auflösung des Pflanzenkörpers vor sich geht.

Während auf diese Weise mit dem Tode der Pflanze, wie bei dem Thiere, eine Kraft erstirbt, ist es andererseits eine Verirrung der Philosophie, welche die Lebenskraft der Pflanze mit der des Thieres vergleicht, und ihr den Namen Pflanzenseele beilegen will. Die Aeußerung der Lebenskraft der Pflanze ist lediglich auf die Zellbildung und das Zellenleben beschränkt, welches zugleich die äußere Form der Pflanze sowie die Aufnahme und den Austausch von Stoffen mit der unmittelbaren Umgebung bedingt. Im Uebrigen fehlt der Pflanze das Nervensystem, und in Folge dessen jede Empfindung und Willensäußerung, die selbst den niedrigsten Thierformen noch zukommt. Die Bewegungserscheinungen, welche sich nicht auf das Innere der Zelle beschränkend, von Außen wahrgenommen werden, wie die Bewegung der Schwärmsporen und der Samenfaden im Wasser, Pflanzenschlaf und Reizbarkeit, das Aufspringen der Früchte ꝛc. sind keine Willensäußerungen, sondern lediglich Folgen des Baues, der Vegetationsverhältnisse, sowie verschiedener Einwirkungen von Außen.

In Folge dieser Eigenschaften ist die Pflanze an ihre unmittelbare

für eine bequeme Hypothese, um die Kräfte und Eigenschaften der einfachen chemischen Elemente zu erklären, welche doch nie erklärt werden können! denn bei all solchen hypothetischen Auffassungen, da bleibt uns immer noch die Frage übrig, was ist denn jene gleichartige Materie? was ist leerer Raum? woher kommen die letzten und einfachsten aller Kräfte, die Abstoßung und Anziehung, oder wenn man lieber sagen will, die Bewegung nur nach einer Richtung? auf welchen Gesetzen beruhen die Kombinationsverhältnisse dieser Uratome und also auch die daraus resultirenden Kräfte? und was endlich ist bei solcher Anschauung ein letzter fester untheilbarer Punkt? warum kann ich mir denselben bei unseren unvollkommenen Sinnen, aber unserer Denkkraft ohne Schranken, nicht abermals als eine Welt im Kleinen, als ein Aggregat von Ururatomen denken, die sich von den andern nur durch die Eigenschaft unterscheiden, daß sie sich wirklich unmittelbar mit einander verbinden und deren besondere Kräfte nur noch nicht zu unserer befangenen Kenntniß gelangen konnten? Da öffnet sich noch ein Feld zu neuen geistreichen Hypothesen, die vielleicht noch die letzte Urkraft oder die Gottheit selbst vollständig zerlegen und zur klaren Auffassung bringen könnten!! Und warum, frage ich, sollte man auf diese Weise im Reiche des rein Gedachten, aber freilich nach menschlicher Anschauung Gedachten, nicht ferner zurückgehen? Ueberspringt man erst einmal die uns gestellte Schranke dessen, was wir zu sehen und zu beobachten im Stande sind, indem man die zu unserer Wahrnehmung kommenden physikalischen und chemischen Kräfte, nicht bloß so weit zerlegt, als es uns die Beobachtung, oder auch nur eine einzige auf Beobachtung gestützte Berechnung erlaubt, überspringt man dieselbe mittelst der Hypothese, so kommen wir damit in eine ganz neue Welt, die wir uns dann ganz nach unseren speziellen Ansichten auszumalen berechtigt sind, sofern diese sich einigermaßen in Harmonie mit den wahrnehmbaren Erscheinungen bringen lassen.

Wir verlassen daher den Boden des Gegebenen nicht, und wenn wir von Atomen sprachen oder sprechen werden, so sind damit die chemischen Atome gemeint, jene kleinsten mit bestimmten, aber unter sich verschiedenen Kräften ausgerüsteten Theile der Materie, soweit dieselben in gleichartiger Vereinigung oder in ungleichartiger Mischung der Beobachtung zugänglich. Die weitere Zusammensetzung dieser chemischen Atome überlassen wir aber jener Einbildungskraft, die den Naturwissenschaften schon so manches Phantasiebild geliefert.

Digitized by Google

Umgebung gebunden, nimmt die Nahrung, welche sich ihr im gelösten Zustande darbietet, mit beschränktem Wahlvermögen auf, denn sie ist nicht im Stande, ihr schädliche Stoffe (Gifte) gänzlich auszuschließen, (wenn gleich sie je nach ihrer Natur die einen ihr nothwendigen Stoffe in größerer Menge als andere Stoffe aufnimmt) und kann daher auch nur da leben, wo die äußeren Einflüsse ihrer unmittelbaren Umgebung für ihr Fortkommen günstig sind.

Zweites Kapitel. Das Zellenleben.

§ 2. Zellbildung.

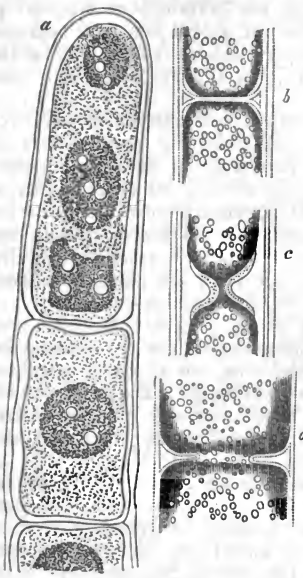
Bei Betrachtung der Proteinverbindungen (Seite 92) haben wir bereits gesehen, daß diese stets vor der Bildung der Zellmembran auftreten und gemeiniglich in Form des Zellkerns auf dieselbe in der Weise influiren, daß der Letztere Bildungsstoff um sich ansammelt, aus dem sich dann erst die Membran abscheidet. Wir haben ferner im letzten Kapitel bereits gesagt, daß neue Zellbildung mit Sicherheit nur innerhalb schon gebildeter Zellen auftritt. Die Bildung von Zellen auf der Oberfläche anderer Zellen, oder in der Interzellularsubstanz zwischen Zellen, welche einzelne Botaniker als ebenfalls im Pflanzenreiche vorkommend, beobachtet haben wollten, darf jetzt als genügend widerlegt angesehen werden. Aeltere Botaniker glaubten, daß die jungen Zellen aus Stärkemehlkörnern, aus Chlorophyllkügelchen ꝛc. hervorgingen, und erst der Neuzeit war es aufgespart, über diesen Punkt Licht zu verschaffen. Unter den Männern, welche sich in dieser Hinsicht hohe Verdienste um die Wissenschaft erworben, nennen wir Schleiden, Schwann, Nägeli, Mohl Unger und Pringsheim.

Zur Neubildung junger Zellen bedient sich die Natur zweier verschiedener Wege, indem die jungen Zellen entweder durch Abschnürung oder Theilung von Mutterzellen oder durch freie Zellbildung in dem Innern von Mutterzellen entstehen.

Die Zellbildung durch Theilung oder Abschnürung ist am allgemeinsten verbreitet, indem sie in allen vegetativen Organen der höheren und niederen Gewächse ausschließlich vorkommt. Da wo dieselbe eintritt, verlängert sich gemeiniglich eine Zelle etwas mehr als die andere, der Zellkern derselben löst sich auf, es entstehen an dessen Stelle zwei oder mehrere Zellkerne, — oder derselbe theilt sich unmittelbar in zwei bis mehrere Kerne. Um jeden derselben bildet sich bald darauf eine zarte Membran um den ganzen Inhalt, indem die letztere den Wandungen sich unmittelbar anlegend, nur da, wo die Scheidewand zwischen den neu gebildeten Zellen entsteht, das Lumen der Zellen durchsetzt. Es geht aus dieser Bildungsweise zugleich hervor, daß die Scheidewand selbst aus einer doppelten Membran bestehen muß. Die Erkenntniß dieser Vorgänge ist bei der zarten Natur der anfänglichen Bildungen mit sehr großen Schwierigkeiten verbunden und Täuschungen aller Art können dabei unterlaufen. Die Membranen selbst, wo sie

Digitized by Google

Fig. 51.



aneinanderstoßen, fließen scheinbar in eine einzige über. Fig. 51 a gibt diese Vorstellung nach einer Zeichnung von Unger. Es ist dieß die Spitze eines der gegliederten Haare, die sich an den Staubfäden der Tradescantia virginica befinden. Man sieht, daß während die unteren Zellen nur einen Zellenkern besitzen und kürzer sind, die oberste sich länger gestreckt hat und drei Kerne enthält. Um jeden derselben bildet sich nun bald darauf eine Zelle, wie dieß um die zunächst nach unten liegende Zelle bereits geschehen ist. Durch Behandlung mit Alkohol und darauf mit verdünnter Schwefelsäure haben sich die Membranen von einander gelöst und der Inhalt der Zelle von der Membran zurückgezogen. Beginnen wir von Außen, so umschließt die Oberhautschicht das ganze Haar. Darauf folgt die Membran jeder einzelnen Zelle, dann der Primordialschlauch, der sich mit dem Inhalt zurückgezogen hat und im Innern liegen die Zellkerne mit mehreren Kernkörperchen. Die beiden, die zarte Scheidewand bildenden Membranen haben sich aber nicht getrennt und fallen in eine Linie zusammen. So verhält sich die Darstellung dieser Vorgänge nach Nägelis früheren Schriften und nach Unger.

Die Ansicht Schleidens ist jetzt widerlegt und von ihm theilweise selbst zurückgenommen. Nach ihm sollten auch in diesen Fällen die jungen Zellen frei im Inhalte entstehen und die Membran derselben sich so lange vergrößern, bis sie sich an die Membran der Mutterzelle theilweise angelegt, theilweise aber die Scheidewand bildend mit der jungen Membran der andern Zelle zusammenfällt. Bei solch einem Vorgange müßte der zwischen der Membran der Tochter- und Mutterzelle liegende körnige Inhalt sämmtlich erst gelöst werden, um in die sich allmälig vergrößernde Tochterzelle übertreten zu können.

Der besprochenen Ansicht Ungers (Nägeli tritt in seiner neuesten Schrift, „Systematische Uebersicht der Erscheinungen im Pflanzenreiche“ zu der Darstellung dieser Vorgänge von Mohl über) steht gegenwärtig noch die Ansicht Mohls entgegen, nach welchem die Entstehung der Scheidewand bei der Zellbildung durch Theilung in folgender Weise vor sich geht. Die Fig. 51 b c d versinnlicht dessen Ansicht an jungen

Digitized by Google

Zellen der Conferva glomerata, die ebenfalls mit Alkohol behandelt sind, um diese Vorgänge durch Lostrennung des Zelleninhaltes deutlicher zu machen. Da wo eine Scheidewand entsteht, wächst der zarte, dehnbare, den Zelleninhalt umschließende Primordialschlauch von der Wandung aus allmälig in einer ringförmigen Falte in das Innere der Zelle hinein (Fig. 51 c und d).

Noch bevor diese ringförmige Falte des Primordialschlauches das Zentrum der Zelle erreicht und den Zelleninhalt in zwei Parthien gesondert hat, beginnt sich auf dessen äußerer Fläche Cellulose abzusetzen und auf diese Weise bildet sich ebenfalls allmälig die doppelte Scheidewand, indem durch immer weiteres Zusammenziehen der Falte des Primordialschlauches, zuletzt der Zelleninhalt vollständig getheilt und ebenso die vollständige, aus doppelter Membran bestehende Scheidewand hergestellt wird, wie dieß Fig. 51 b zeigt. Die allmälige Bildung einer solchen Scheidewand soll vier bis fünf Stunden dauern.

Bei den Figuren 51 b c d fällt es auf, daß kein Zellenkern vorhanden ist. Es kommt dieß bei Zellenpflanzen aus der Familie der Algen mehrfach vor, und es übernimmt dann, wie es scheint, ungeformtes Protoplasma die Funktion des Zellenkerns. Durchaus ähnliche Vorgänge der Zellentheilung nimmt Mohl aber auch für alle höheren Gewächse an, wo deutliche Zellenkerne der Bildung der Tochterzellen vorausgehen.

Die neuesten, ebenso einläßlichen als umfassenden Untersuchungen über die Zellvermehrung durch Theilung, stammen von Herrn N. Pringsheim, (Untersuchungen über Bau und Bildung der Pflanzenzelle.) Derselbe schließt sich insofern an Mohl's Ansicht an, als auch nach ihm jene Bildung in der Weise geschieht, daß von der Wandung eine faltenförmige Membran sich nach innen schlägt und so die Bildung der Scheidewand allmälig, von der Wandung beginnend nach innen fortschreitet. Dagegen unterscheidet sich Pringsheim dadurch wesentlich von Mohl, daß er die Rolle, welche der Primordialschlauch bei diesen Vorgängen spielen soll, durchaus läugnet. Nach ihm ist immer die Bildung einer faltenförmig sich zusammenziehenden Membran aus Cellulosa die erste Bildung, welche sich bei dem Auftreten neuer Scheidewände beobachten läßt. Diese zellulose Haut ist nach ihm die jüngste sich aus dem Zelleninhalt absondernde innerste Zellenhaut, der in der Theilung begriffenen Zelle. Es schließt sich mithin Pringsheim in der Richtung an Nägeli's frühere Ansicht an, als auch nach ihm es eine Membranbildung um den ganzen Inhalt ist, nur trete diese Membran nicht plötzlich auf, sondern wachse als Einfaltung der innersten Mutterzellenhaut erst allmälig zur vollkommen geschlossenen Scheidewand aus. Dabei würde die Mutterzelle mit Haut und Inhalt vollständig in den Tochterzellen aufgehen, indem sich aus einer Mutterzelle zwei oder mehrere Tochterzellen bilden.

Mohl, so sagt Pringsheim, habe bei seinen Untersuchungen zu starke Säuren angewendet und hierdurch die stets als erste Bildung auftretende

Digitized by Google

Faltung der zellulosen Haut aufgelöst und dieselbe folglich übersehen müssen. Dem Primordialschlauch spricht Pringsheim überhaupt jede eigene Haut gänzlich ab, und erklärt die scheinbar feste Begrenzung des Zelleninhaltes, die dieser bei seiner Lösung von der Zellmembran unter gewissen Bedingungen zeigt, lediglich aus der Consistenz und Anordnung des Plasma der Haut und Körnerschicht. Außerdem sei auch oft die schon vorhandene junge Zellstoffwand für den Primordialschlauch gehalten worden. — Fernere Forschung wird bald zeigen, welche der verschiedenen Ansichten hier die richtigere.

Die freie Zellbildung im Innern von Mutterzellen, welche Schleiden entdeckte und irriger Weise auf die viel allgemeiner vorkommende Zellbildung durch Theilung ebenfalls ausdehnte, kommt bei den Phanerogamen nur im Embryosack, und bei den Cryptogamen bei der Bildung der Sporen, wie z. B. bei manchen Algen und Pilzen vor, wie wir dieß Fig. 41 f kennen lernten. Es entstehen dabei im Innern einer Mutterzelle zunächst so viel Kerne, als Tochterzellen entstehen sollen. Um diese sammelt sich Bildungsstoff, aus welchem eine Membran abgeschieden wird. Die anfänglich kleinen Zellen vergrößern sich, erfüllen nach und nach die ganze Zelle, deren Membran zuletzt aufgelöst wird, wie wir dieß bei den Vorgängen im Embryosacke später genauer kennen lernen werden.

Freie Zellbildung wird endlich auch noch die Art der bedingten Urerzeugung genannt, wenn in einer bildungsfähigen Flüssigkeit, ohne Mitwirkung einer Mutterzelle, Zellen entstehen, auf welche Weise die Gährungspilze im ausgepreßten Saft der Früchte ꝛc. entstehen sollen. Wir haben uns schon dahin ausgesprochen, daß wir auch an diese Art der Urerzeugung nicht glauben, sondern auch hier gegebene Mutterzellen oder Keimzellen voraussetzen. Bekannt ist es, daß diese einzelligen Gährungspilze durch Zellentheilung sich so unglaublich schnell vermehren, daß wenn nur wenige derselben anfänglich in einer solchen Flüssigkeit vorhanden, die ganze Masse der Gährungspilze lediglich durch sie erzeugt werden kann. Genaue Versuche sind in dieser Hinsicht noch nicht angestellt worden. Sehr wahrscheinlich werden sie aber zu demselben Resultat führen, zu dem die Versuche Ungers mit Wasser geführt haben, in welchem, gleichviel ob es Quell-, Fluß-, Brunnenwasser oder selbst destillirtes Wasser ist, wenn man es eine Zeit lang stehen läßt, sich bald ein grünlicher Anflug zeigt, der von einer sehr kleinen Alge, dem Protococcus minor herrührt. Um nun zu entscheiden, ob Urerzeugung oder Keimzellen der Grund dieser Erscheinung sei, füllte Unger mehrere Flaschen mit durchaus reinem Wasser an. Mittelst eines Apparates ward bei zwei der Flaschen die über dem Wasser befindliche Schicht mit Schwefelsäure gereiniget und dann die eine Flasche zugeschmolzen, die andere offen gelassen. In beiden Flaschen zeigte sich im Zeitraume von zwei Jahren jene kleine grüne Alge nicht, während sie in mit Regenwasser gefüllten und verstopften Flaschen schon nach eilf Tagen auftrat.

Herr Unger, jener nur nach Wahrheit trachtende Forscher, früher

Digitized by Google

ebenfalls Anhänger und Vertheidiger der Urerzeugung, zieht daraus den sehr richtigen Schluß, daß die atmosphärische Luft, die Trägerin unsichtbarer Keime mannigfacher Art ist, und daß da wo man es versteht, sie von solchen zu befreien, der Spuck der mutterlosen Zeugung, mit welchem die Naturforscher so lange geneckt wurden, bald aufhören wird.

Von der Annahme der freien Zellenbildung in einen flüssigen Mutterschleim ausgehend, hat man die Zellbildung überhaupt der Krystallbildung verglichen. Angenommen die freie Zellbildung sei erwiesen, so ist doch der Krystall stets ein homogener (außen und innen vollkommen gleichartiger) Körper. Bei der Entstehung der Zelle zeigt sich aber sogleich die Differenz der äußeren Membran und des flüssigen Inhaltes, wodurch fernere Wechselwirkungen eingeleitet werden, was beim Krystall nicht der Fall ist. Bei der Bildung der Zelle ist ferner eine von Innen nach Außen wirkende Kraft thätig, daher ihre kugelförmige Bildung, während der nach rein physikalischen Gesetzen, entstehende Krystall, stets gerade Flächen zeigt, also bei seiner Bildung nur von Außen und keine von Innen wirkende Kräfte thätig sind.

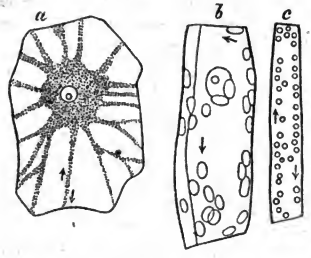
§ 3. Thätigkeit der Zelle als abgeschlossener Organismus.

Die Lebenserscheinungen der Zelle als für sich abgeschlossener Organismus betrachtet, bestehen in Aufnahme von Stoffen von außen, und Ausscheidung anderer nach außen, so wie in der Verarbeitung dieser Stoffe im Innern der Zelle zu bestimmten organischen Verbindungen. Bei den Pflanzen, welche wie manche Algen und Pilze aus einer einzigen Zelle bestehen, übernimmt außerdem diese einzige Zelle alle Verrichtungen, welche das Leben und die Fortpflanzung der Art bedingen. Hier zeigt also auch die Zelle eine unbedingt selbstständige Existenz, eine Eigenschaft, welche außerdem auch noch jeder einzelnen Zelle mancher aus fadenförmig an einander gereihten Zellen bestehenden Alge insofern zukommt, als jede derselben für sich allein betrachtet, das Vermögen besitzt, ein selbstständiges Leben zu beginnen. Diese letztere Eigenschaft zeigen endlich noch alle Keim- und Sporenzellen der niedrigeren Gewächse. Von dieser letzteren Ansicht ausgehend, hat man der Zelle, komme sie nun für sich allein, oder im Gewebe vor, überhaupt den Begriff der Individualität beilegen wollen, worüber wir uns später noch aussprechen werden.

Einer eigenthümlichen Erscheinung des Zellenlebens, der Bildung von Strömungen in fadenförmigen Verzweigungen in Mitten des sonst unbewegten Zelleninhaltes haben wir bereits (Fig. 50 a) gedacht. Diese Erscheinung tritt weder in ganz jungen, noch in älteren Zellen auf, sondern zeigt sich nur zu der Zeit, wo das Zellleben gleichsam auf die höchste Potenz gesteigert ist, in jungen an Proteinverbindungen (stickstoffhaltigem Schleim) reichen Zellen. Fig. 52 a gibt die Darstellung der Saftströmung einer Zelle in der Lippe von Orchis militaris nach Unger. Um den Kern hat sich Protoplasma angesammelt und vertheilt sich von da aus netzförmig durch den Zelleninhalt, indem die Strömungsfaden bis zum Primordialschlauch verlaufen und von da umwenden und

Digitized by Google

Fig. 52.



zum Zellkern zurückkehren. Wenn gleich die ganze Masse jeglichen Fadens in Bewegung ist, so erkennt man die Strömung doch nur an den körnigen Bildungen, die vom Strome mit fortgerissen werden, an Hindernissen anstoßend oft eine Zeit lang liegen bleiben, bis sie dieselben überwindend wieder mit fortgerissen werden. Oft zeigt der gleiche Strömungsfaden doppelte Strömung neben einander, nämlich vom Kern kommende und zu demselben zurückkehrende, wie dieß die Richtung der Pfeile an dem einen Strömungsfaden unsererFigur andeutet. Der übrige Zelleninhalt bleibt neben der Strömung ganz unbewegt und Schleimkügelchen, welche an den Rändern des Stromes mit demselben in Berührung kommen, bleiben oft längere Zeit liegen, bis sie vom Strome wieder mit fortgerissen werden.

Es besitzt diese Art der Strömung der Proteinverbindungen eine ziemlich allgemeine Verbreitung. Weniger verbreitet ist die Rotationsströmung, die schon 1772 von Corti bei den **Najadeen** entdeckt wurde und die außerdem bei vielen Wasser- und Sumpfpflanzen vorkommt, wie bei den **Charen**, **Vallisneria** u. a. m. Fig. 52. b c geben eine Darstellung derselben in zwei Zellen aus dem Blatte der **Vallisneria** nach Unger. Dieselbe verläuft den Wandungen nach und reißt Amylon, Chlorophyllkörner und sogar den Zellkern mit sich fort. Verletzung der Zelle hebt die Strömung sogleich auf, Druck mindert dieselbe, Verletzung benachbarter Zellen hebt sie nur für kurze Zeit auf. Bei heißer Witterung und Sonnenschein ist die Bewegung am schnellsten.

Wenn gleich es sicher ist, daß diese partiellen Strömungen des Zelleninhaltes an das Dasein von Proteinverbindungen, aus denen auch die Strömungen selbst bestehen, gebunden sind, so ist dieß eben alles was wir darüber wissen, eine eigentliche Erklärung derselben zu geben dürfte der Forschung kaum gelingen.

§ 4. Lebensverrichtung der Zelle in Verbindung mit anderen Zellen.

Wenn die Zelle mit anderen Zellen in eine Verbindung zum Gewebe tritt, so verliert sie ihre unbedingte Selbstständigkeit. Der Bau ihrer Membran richtet sich in Bezug auf Tüpfel nach der der Nachbarzellen, und ihre Form verändert sich je nach ihrer Lage zwischen anderen Zellen und je nach den mannigfachen speziellen Verrichtungen, die ihr vom Pflanzenorganismus gleichsam übertragen worden. So haben die zur Aufnahme und Verarbeitung bestimmten Zellen gemeiniglich eine andere Form, als die zur Fortbewegung der Säfte bestimmten. Während endlich bei der einzelligen Pflanze der einen Zelle, die ganze Summe der

Digitized by Google

physiologischen Thätigkeitserscheinungen übertragen war, wird bei der zusammengesetzten Pflanze die Thätigkeit der Zelle je nach den Organen, denen sie angehört und je nach ihrer Bestimmung eine viel speziellere, und erst die Gesammtwirkung aller bedingt die dem Individuum eigenthümlichen Lebenserscheinungen, sowie dessen äußere Gestalt.

Man kann in dieser Beziehung zwei Klassen von Zellen im zusammengesetzten Pflanzenorganismus unterscheiden, nämlich die Zellen der Ernährung, und die Zellen der Fortpflanzung. Stellen wir den Begriff der vollkommensten Pflanze in der Weise fest, daß sich die Pflanze um so mehr der Vollkommenheit nähert, je komplizirter der Bau derselben wird, je mehr für jede einzelne Lebensverrichtung ein neuer Ausdruck, in Form eines neuen bei der niedriger organisirten nicht vorhandenen Organes gefunden wird, — so werden sich mithin auch die Zellen beider Klassen, von den niedrigern Pflanzen zu den höhern Pflanzen in ansteigender Reihe in immer mannigfacheren Formen, und für immer speziellere Lebensthätigkeit ausbilden müssen. So übernehmen bei den höheren Pflanzen ganze Organe die Verrichtungen einzelner Zellen der niederen Gewächse, so hat uns ferner die Morphologie gelehrt, wie aus dem Lager sich Achse und Anhänge in Form von Wurzeln, Stamm und Blattorganen ausbildet und wie letztere in immer mannigfaltigerer Form auftreten. So finden wir bei den niedersten Pflanzen einzelne abgegliederte Zellen das Geschäft der Fortpflanzung übernehmen, in höheren Stufen treten erst Keim- und Sporenzellen auf, dann der Gegensatz von zwei Geschlechtern, durch deren Zusammenwirkung die geschlechtliche Fortpflanzung, gegenüber der ungeschlechtlichen in die Erscheinung tritt. Auf diese Weise verschwindet die Selbstständigkeit der einzelnen Zelle immer mehr, je vollkommener die Pflanze, der sie angehört, indem ihrer Thätigkeit eine immer speziellere Richtung angewiesen wird.

Drittes Kapitel. Entwicklung der Pflanzen

§ 5. Aufbau der Pflanze aus Zellen und Organen zum Individuum, der Art und dem Pflanzenreich.

Als die Grundlage der Bildungen im Pflanzenreiche haben wir die Zelle erkannt. Durch Vermehrung derselben entstehen zunächst für sich abgeschlossene Zellpartieen oder ganze Gewebe. Insofern diese als Theile der ganzen Pflanzen auftreten, die für sich ein untheilbares Ganzes mit bestimmten Funktionen bilden, erhalten sie den Namen Organe. Meist bildet eine einzelne Zelle die erste Anfangsbildung des Organes. Bei der Heranbildung des Organes aus Zellen gehen zufolge der geschilderten Neubildung der Zellen in Mutterzellen, letztere stets mit der Bildung von Tochterzellen zu Grunde. Es wird mithin jedes Organ stets aus der jüngsten Zellgeneration gebildet, welche noch so lange lebt, bis das ganze Organ abstirbt.

Die Entwicklung der aus Organen aufgebauten Pflanze beginnt

Digitized by Google

mit einem Organe, an dem sich seitliche Organe bilden. Mutter- und Tochterorgane bleiben neben einander bestehen, und durch Fortsetzung dieser Erscheinungen entsteht ein Complex von Organen mit oft baumartiger Verzweigung und unter sich verschiedener Funktion. Dabei bleiben die einen Organe mit dem Pflanzenkörper in steter Verbindung, die andern lösen sich nach vollendetem Lebenscyklus ab. Zu diesen Letzteren gehören die geschlechtlichen Fortpflanzungsorgane, welche mit der Reife ihrer Produkte absterbend, jene ausstreuen, — welchem Vorgange in vielen Fällen, wie bei den einjährigen Pflanzen, sogar der Tod der ganzen Pflanze folgt. Ferner alle Blätterorgane und endlich alle selbstständig auftretenden Organe der ungeschlechtlichen Vermehrung, seien dieß nun einfache oder zusammengesetzte Organe.

Mit dem Prozeß der Ablösung geschlechtlicher und ungeschlechtlicher Fortpflanzungsorgane, welche von der Mutterpflanze getrennt ein selbstständiges Leben beginnen, ist der für Erhaltung der Pflanze nothwendige Vorgang der Erzeugung neuer Individuen eingeleitet. Wir vereinigen demgemäß mit dem Begriff eines Individuums die Bedingung der Trennung des zur Fortpflanzung bestimmten Organes von der Mutterpflanze, worauf das Tochterindividuum den gleichen Lebenscyklus wie das Mutterindividuum beginnt, und legen somit den Begriff eines Individuums in alles das was mit keiner Mutterpflanze mehr in Verbindung steht, was anatomisch und physiologisch zu einem Ganzen verbunden und zu einer durchaus selbstständigen Entwickelung befähigt ist. Hiernach legen wir dem verzweigten Baum denselben Namen bei, wie der einzelligen Alge, und allen den zwischen beiden Extremen bestehenden Mittelformen, entgegen der Ansicht, welche den Baum als einen Complex von Individuen betrachtet. Wir haben früher gezeigt, daß schon die einzelne Zelle vollkommene Selbstständigkeit zeigt, wenn sie sich als Keimzelle abgliedert. Ganz dieselbe Eigenschaft zeigen die von den höheren Pflanzen sich lösenden Knospengebilde, wie die Zwiebelknospe, Zwiebel, die Sproße, Knolle, — ferner die künstlich getrennten Zweige, die zu Steckholz, Stecklingen und Edelreisern verwendet werden. Aus diesen Verhältnissen entspringt die Anschauung, daß jedes mit dem Pflanzenorganismus in Verbindung bleibende und an demselben sich entwickelnde Knospengebilde als ein neues Individuum zu betrachten sei. Mit eben dem Rechte könnten wir aber auch auf die Selbstständigkeit der Zelle zurückschließen, denn es können auch nicht alle Knospengebilde künstlich zu selbstständigen Individuen gemacht werden, so z. B. die Knospen der Blüthen und Blüthenstände. Wir könnten ferner behaupten, wenn die Knospen als nur mit dem Baume in Verbindung bleibende Individuen zu betrachten sind, so müssen wir diesen Begriff auch den Aesten und Verästelungen der höheren und niederen Pflanzen unterbreiten, und weil diese auf gewisser Stufe von den Blättern nicht zu unterscheiden sind, den Blättern und überhaupt jedem abgeschlossenen Organe beilegen. Es scheint uns daher richtiger, die Pflanze mit Inbegriff aller ihrer Theile und Organe, so weit diese

Digitized by Google

mit derselben vereint bleiben, als ein Individuum zu betrachten. Wir unterscheiden aber ferner noch zwei Klassen von Pflanzenindividuen. Für unbedingt selbstständig, d. h. nach der Trennung vom Mutterorganismus als durchaus unabhängige Individuen, können wir nur die durch geschlechtliche Fortpflanzung aus Samen erzeugten Pflanzen betrachten, weil sie sich nur den der Pflanzenart eigenen Charakteren in ihrer äußeren Form anschließen und im Uebrigen von der Mutterpflanze eine durchaus unabhängige Entwicklung zeigen. Anders ist es aber mit den durch ungeschlechtliche Fortpflanzung auf künstlichem oder natürlichem Wege entstehenden neuen Pflanzen. Wohl bilden dieselben ihre eigenen Wurzeln und leben insofern vom Mutterorganismus durchaus unabhängig. Abhängig bis in die spätesten auf ähnliche Weise erzielten Generationen erscheinen sie aber von der Mutterpflanze, insofern sie nur als selbstständig gewordene Theile derselben fortleben. Sie pflanzen nämlich alle speziellen abweichenden Eigenschaften und Formen, ja selbst Krankheiten der Mutterpflanze, wie krankhaft gefleckte Blätter, monströse Blumenbildungen ꝛc. fort, und besitzen ferner die Eigenthümlichkeit, wenn die Fortpflanzung künstlich bewerkstelliget wird und die Nebenachsen eine andere Aststellung als die Hauptachse besitzen, auch nur als Ast mit allen seinen Eigenthümlichkeiten fortzuwachsen. So z. B. die Aststecklingspflanzen der Tannen.

Wenn wir daher alle durch ungeschlechtliche Vermehrung selbstständig gewordenen Pflanzentheile und Knospengebilde einerseits für selbstständige vegetirende Individuen halten, so erscheinen sie uns andrerseits nur als selbstständig gewordene Theile der ursprünglichen Mutterpflanze, und wir unterscheiden daher, weil jede ungeschlechtliche Fortpflanzung auf der bedingten Selbstständigkeit der Knospe beruhet, zwischen Geschlechtsindividuen und Knospenindividuen, oder Individuen, die aus geschlechtlicher und solchen, die aus ungeschlechtlicher Fortpflanzung hervorgegangen.

Die Geschlechtsindividuen welche durch eine Idee zusammengehalten werden oder mit anderen Worten eine Reihe bestimmter Charaktere mit einander gemein haben, bilden die Art. Wie die Pflanzenart entstanden ist, wissen wir nicht, dagegen wissen wir, daß die richtig erkannte Pflanzenart sich, so weit unsere Beobachtung reicht, in den verschiedensten Verhältnissen gleich bleibt und nicht unter Einfluß verschiedener Verhältnisse in eine andere Art übergehen kann. Dieß gilt natürlich nur für richtig erkannte Arten und nicht für Formen (Varietäten, Abarten) der Art welche lediglich unterm Einfluß verschiedenartiger Verhältnisse entstanden, natürlich auch unter gleichartigen Bedingungen zur typischen Form zurückkehren können. Eine Umänderung einer Pflanzenart in die andere widerspricht allen direkten Beobachtungen. Derartige Behauptungen, wie daß Moose in Algen, oder unscheinbare Gräser in unsere Getreide übergegangen, (dahin gehört auch jene behauptete Umwandlung von Aegilops in den Weizen, welche in der neuesten Zeit so viel Aufsehen erregte und die vom Verfasser in der

Digitized by Google

Gartenflora und der Bomplandia widerlegt ward) oder daß endlich gar niedrige Pflanzenformen bald als Pflanze, bald als Thier (Generationswechsel) auftreten könnten, und anderer Unsinn mehr, gehören in das Gebiet der absichtlichen und unabsichtlichen Selbsttäuschungen. Die scheinbare Verbindung verwandter guter Arten durch Formenreihen werden wir bei den Bastardbildungen näher kennen lernen. Das Argument endlich, daß die Zeit, in welcher die Beobachtung der Haltbarkeit der Pflanzenart gemacht wurde, im Verhältniß zu der Zeit, die unsere jetzige Pflanzenschöpfung auf dem Erdball durchlebt hat, gleichsam in einen Tag zusammensinkt, kann den Werth jener Beobachtung nicht beeinträchtigen. Denn da diese bei einjährigen Pflanzen sich auf zahlreiche Generationen stützt, so könnte man nur den Schluß ziehen, daß ein solches Uebergehen der Art in andere Arten, unter Einwirkung durchaus veränderter uns unbekannter äußerer Verhältnisse stattgefunden habe, wenn je ein solches eingetreten sei. Demgemäß müssen wir, so lange die uns bekannten Gesetze des Alls unverändert fortwirken, auch selbst für jene Annahme hin, auf die Unveränderlichkeit der Pflanzenart zurückschließen.

Wie aus den Individuen die Art entsteht, so entsteht nun ferner aus Arten die Gattung, aus diesen die Familie und aus der Gesammtheit der Familien das Pflanzenreich. Dieses Letztere gliedert sich in einer erstaunenswerthen Mannigfaltigkeit von Bildungen zu einem geschlossenen, in ansteigender Reihe von den einfachsten Bildungen zu immer zusammengesetzteren vollkommeneren Organismen übergehend, zu einem geschlossenen Ganzen ab. In Bezug auf die jetzt noch unsern Erdball bewohnenden Pflanzen zeigt diese Reihe wohl mannigfache Lücken, diese werden aber ausgefüllt durch untergegangene Pflanzenformen, die in früheren Schöpfungsperioden unseren Erdball bewohnten, und deren Rudimente wir jetzt noch in Form von Steinkohlen, Braunkohlen, Schieferkohlen, oder eingeschlossen in Steinmassen vorfinden. Das genauere Studium dieser untergegangenen Schöpfungen hat herausgestellt, daß in den verschiedenen Perioden der Schöpfung auch verschiedene Pflanzenvegetation unsern Erdball deckte, daß mit Sicherheit nur wenige Pflanzenformen bekannt sind, welche aus der jüngsten Diluvialperiode auf unsere Schöpfungsperiode herübergekommen,* und daß endlich in den

* Unger hat dieses höchst interessante Factum in neuester Zeit an **Pinus Cembra** nachgewiesen, der in den Gebirgen Steiermarks in der Gegend von Schöder durch Herrn **Dr.** Roll im fossilen Zustande, eingeschlossen in einem Kalktuff, aus welchem dort Mühlsteine gemacht werden, aufgefunden wurde. Gegenwärtig lebt dieser Baum ebenfalls noch in jener Gegend, tritt aber erst 2000 Fuß höher im Gebirge auf, was sich durch die während jener Periode ganz allgemeine Vergletscherung der Gebirg Europas erklärt. Da wir uns so häufig auf die früheren Entwicklungsperioden unseres Erdballes beziehen, so wollen wir es versuchen, unseren Lesern die wichtigsten Thatsachen, welche die Forschungen unserer Geologen in dieser Beziehung festgestellt haben, hier mit wenigen Worten wiederzugeben.

Der Mensch ist in das Innere unseres Erdkörpers noch so wenig tief eingedrungen, daß wir kaum $^1/_{10000}$ seines Durchmessers kennen. Dennoch stellte sich bei der geringen

Digitized by Google

verschiedenen Epochen unserer Schöpfungsgeschichte, welche viele Jahrtausende aus einander liegen, immer die Idee der Fortbildung des Gewächsreiches insofern sich realisirte, als in den ältesten Perioden die unvollkommeneren Pflanzenformen vorherrschten und mächtige baumartige blüthelose Pflanzen aus untergegangenen Gattungen und Familien unsern Erdball großentheils deckten, und daß mit jeder neuen Epoche vollkommenere Pflanzenformen auftraten und mithin unsere jetzige Schöpfung als die am höchsten organisirte betrachtet werden muß.

Tiefe, in welcher unsere Bergwerke in den Schooß der Erde eindringen, der allgemeine Satz heraus, daß mit jedem 100 Fuß, die man tiefer eindringt, die Temperatur des Bodens um 1 Grad R. steigt. Bei solcher stetigen, allenthalben ziemlich gleichartigen Zunahme der Bodenwärme zeigt schon eine einfache Berechnung, daß man nicht sehr tief in das Innere der Erde eindringen muß, um auf Glühhitze zu kommen. Mithin besteht unser Erdball aus einer feuerflüssigen, im Innern höchst wahrscheinlich bis auf 3000 Grad erhitzten Masse, welche von einer erkalteten dünnen Kruste überzogen ist, deren Dicke zum flüssigen Kern kaum so beträchtlich, wie die Dicke der Schale des Eies zum Inhalt desselben.

Nicht immer war aber dieses Verhältniß so, sondern der Erdball stellte in seinen frühesten Zeiten eine bis zur Oberfläche glühende Masse dar, welche allmälig erkaltend, nach einem Zeitraum von circa 50000 Jahren nach dem Beginne der Erkaltung ungefähr zu dem Punkte angelangt sein mochte, wo eine dünne, kaum 3—400 Fuß mächtige erstarrte Kruste den feuerflüssigen Kern umgab, und auf der Oberfläche ungefähr noch 25 Grad Wärme zeigend, die Ansiedlung von Pflanzen und Thieren ermöglichte. Die Abkaltung nahm von jener Zeit bis auf unsere Zeiten stetig zu, jedoch in der Weise, daß dieselbe in späteren Zeiten in stetiger Proportion immer unbedeutender wurde. Nehmen wir an, daß seit dem Beginn jener Abkühlung bis auf unsere Zeiten ungefähr ein Zeitraum von 100 Millionen Jahren verflossen sein möge, eine Angabe, welche sich auf ungefähre Berechnung stützt, so sind wir jetzt zu einer Periode gelangt, wo die Abkühlung so unbedeutend ist, daß wenn die jetzigen Verhältnisse unverändert fortbestehen, unsere Erdoberfläche nach mehreren Billionen von Jahren kaum um einen Grad kälter sein dürfte. Befürchtungen früherer Naturforscher, daß einst die Zeit kommen möge, wo die Erkaltung der Erdoberfläche so bedeutend werden möchte, daß kein organisches Leben mehr auf derselben gedeihen könnte, sind mithin durchaus unbegründet.

Während sich so einerseits durch Erkaltung die Erdoberfläche bildete, welche wir bewohnen, und daraus die sogenannten plutonischen Gebilde entstanden, schlug sich andrerseits aus der die Erdkugel umgebenden dunstförmigen Wasserhülle das Wasser nieder und aus diesem setzten sich hinwiederum die neptunischen Gesteine, wie Kalk, Sand, Thon ab. Inzwischen gingen diese Vorgänge nicht so ganz ruhig von Statten, sondern gewaltige Erderschütterungen bedingten von Epoche zu Epoche partielle Hebungen und Senkungen der anfangs noch dünnen Erdoberfläche. Gebirge stiegen aus dem Meeresboden zu den gewaltigen Höhen unserer Alpen empor, welche letzteren großentheils zu den jüngeren Gebilden gehören, und Land ward zu Meeresboden. Dabei fanden die gewaltigen Verschiebungen und Verwerfungen der ursprünglich horizontalen Schichtungen unserer Gebirgsmassen statt, wie wir sie jetzt, oft eigenthümlich übereinandergestürzt, und die Pflanzendecke der Vorzeit, tief in dem Schooß der Erde begraben (Steinkohlen, Schieferkohlen), noch beobachten und bewundern können. So können wir z. B. in den Thälern unserer Gebirge, an den Ufern unserer Seeen häufig noch Schichtungen mit versteinerten Seethieren nachweisen, deren fortgerissene Fortsetzung auf die Höhe der benachbarten Gebirge oft viele tausend Fuß höher emporgetragen wurde. Auf diese Weise unterscheidet man als Entwicklungsperioden unseres Erdballes zunächst die älteste Periode, wo plutonische Gebirgsmassen auf der Oberfläche des flüssigen Ganzen erkalteten; hierauf entstanden schichtenweise aus dem Wasser abgelagert die Uebergangsformationen. Es folgte die Periode der Steinkohlenzeit, die in die ältesten Zeiten unseres Erdballs zurückreicht und wo unterm Einfluß hoher Bodenwärme und einer wie es scheint noch

Digitized by Google

Zweiter Abschnitt.

Die Lebenserscheinungen im Pflanzenorganismus in ihrer Beziehung zur Ernährung, Verarbeitung und Bildung von Stoffen.

Erstes Kapitel. Die Ernährung der Pflanzen.

§ 6. Einleitung.

Das richtige Verständniß der Vorgänge bei der Ernährung der Pflanzen ist für Garten- und Landbau von ungemeiner Wichtigkeit. Es ist dieß zugleich ein Feld, worin für die Landwirthschaft in der neueren Zeit ungemein viel geleistet, aber auch die extremsten Ansichten in Bezug auf Pflanzennahrung aufgestellt worden sind. Liebig, der so vielfach angegriffene Mann, war es, welcher in seinen Schriften über Agrikulturchemie die Ansichten über Ernährung der Pflanzen in eine neue Bahn lenkte, und mit Recht hat unserm großen Landsmann das praktische England den Tribut der Verehrung für seine außerordentlichen Leistungen gezollt. Wenn derselbe dagegen einzelne von ihm aufgefundene Gesetze weiter ausspann als dieß in der Natur der Fall ist, so verfiel er damit in einen Fehler, der jedem Chemiker in einem gewissen Grade zur Last fallen wird, der nicht zugleich Botaniker, Landwirth und Gärtner ist, oder dem mit andern Worten ein Ueberblick über die verschiedenartigen Verhältnisse, unter denen die Pflanzen vorkommen, mangelt.

Es konnte daher nicht fehlen, daß Liebig unter Chemikern und Botanikern vielfach gewichtige Gegner fand, und so ward durch Männer wie Schleiden, Mulder, Bouſſingault, Unger, Mohl, Göbel, Stöckhart und Schultz die Agriculturchemie zu jener Höhe der Stellung gebracht, daß sie jetzt eine neue Wissenschaft bildet, unter deren

mit Wasserdämpfen sehr erfüllten Atmosphäre, eine hohe Ueppigkeit des Pflanzenwuchses unsern Erdball bedeckt haben muß, wovon uns heut zu Tage nur noch jene immensen Lager fossiler Reste von Pflanzen, wie sie die Steinkohlenlager bieten, eine schwache Idee zu geben im Stande sind. Auf die Epoche der Steinkohlenformation folgt nun noch das permische System, die Secundärformation, die Trias, Jura und Kreideperiode. Die jüngste unserer Schöpfung vorausgegangene Epoche bildet die Tertiärzeit, von der die oben genannte Diluvialperiode den Uebergang zur Jetztwelt bildet.

Angekommen damit an dem Punkte, von dem wir ausgingen, kann man mithin die von der Diluvialperiode auf uns herübergekommenen und jetzt noch lebenden Pflanzen, ebensowohl als die ersten Repräsentanten der Pflanzendecke unserer Jetztwelt betrachten, wie als die einzigen uns gebliebenen Reste einer früheren Schöpfung.

In Rückblick auf die allgemeine Vergletscherung unserer Gebirge in jener Zeit, bis tief in die jetzt bewohnten Ebenen hinab, kann diese nicht durch eine größere allgemeinere Erkaltung der Erdoberfläche erklärt werden. Sehr wahrscheinlich wurden zu jener Zeit erst die mächtigen Wüsten Afrikas aus Meeresboden zum festen Lande, da diese nachweislich erst in sehr später Zeit entstanden, und durch Einfluß dieser Sandsteppen entstanden die uns so günstigen Strömungen der Südwinde (Föhn), unter deren Einfluß die Gletscher aus den Ebenen weichen mußten. Würde jetzt das Innere Afrika's wieder ins Meer versinken, so würden auch unsere Ebenen und Thäler der Schweiz, wahrscheinlich wie in früheren Zeiten, sich wieder mit Gletschern bedecken müssen.

Digitized by Google

Mitwirkung eine Menge der wichtigsten, vorher kaum geahnten Resultate für Kultur und Düngung unserer Feldfrüchte gefunden wurden.

Der Gartenbau ward bei dieser neuen Richtung nur so weit berücksichtiget, als er mit dem Landbau in inniger Beziehung steht und die dort gefundenen Resultate auch auf ihn übertragen werden konnten. Bei dem unendlich weiteren Felde, welches der Gartenbau in Bezug auf Kultur von Pflanzen umfaßt, werden wir daher im Verlauf dieses Werkes noch auf eine Menge ungelöster Fragen in dieser Beziehung stoßen. Hoffen wir aber, daß sich die Chemie mit der Zeit auch dieser bemächtigen und sie erledigen werde, wenn gleich sie viel weniger tief eingreifen und oft mehr nur ein wissenschaftliches Interesse besitzen.

Der Verfasser dieses Werkes wird daher bei der Behandlung dieses Gegenstandes von so hoher Wichtigkeit, seinen Standpunkt als Gärtner zu behaupten suchen, wird die von der Agrikulturchemie und Botanikern bereits gelösten Fragen auf den Gartenbau überzutragen versuchen und dabei denjenigen Ansichten folgen, welche sich mit den praktischen Resultaten der Kultur am besten vereinigen lassen. Eine Uebersicht über die gegenwärtig noch sich entgegenstehenden Ansichten über Ernährung der Pflanzen, soll in einem kurzen Ueberblick der geschichtlichen Entwickelung dieses Gegenstandes am Schlusse der ersten Abtheilung folgen.

Die Ernährung der Pflanzen theilt sich in 3 verschiedenartige Vorgänge. Der erste derselben begreift die Aufnahme der Nahrstoffe von außen, der zweite die Abgabe von Stoffen als nothwendige Folge der Aufnahme, und der dritte den Austausch von Stoffen. Von diesen werden wir der Aufnahme von Stoffen, welche bei den höheren Pflanzen nur durch die Wurzel stattfindet, einen besondern allgemeinen Theil widmen; die Abgabe und den Austausch von Stoffen werden wir dagegen bei den Funktionen der Wurzeln und Blätter kennen lernen.

Erste Abtheilung. Aufnahme der Nahrungsstoffe.

§ 7. Spezielle Einleitung.

Wir haben die Pflanze als ein Wesen kennen gelernt, welches in seine unmittelbare Umgebung festgebannt ist, und wenn Ortsveränderungen vorkommen, so sind diese zufällig oder verändern wie bei schwimmenden Wasserpflanzen,* schwärmenden Sporen ꝛc., die äußeren Verhältnisse nicht. Die Nahrung nimmt dieselbe von außen, aus dem Boden in dem sie wurzelt, aus dem Wasser in dem sie schwimmt und selbst

* Das merkwürdigste Beispiel einer Ortsveränderung liefert der Sargasso-See in Mitten des atlantischen Ozeans. Derselbe spielt bekanntlich schon in der Entdeckung Amerikas durch Columbus eine Rolle, insofern dieser aus der Gegenwart von Pflanzen fälschlich auf die Nähe von Land schloß. Derselbe wird von einer Alge (**Sargassum bacciferum**) gebildet, die an den Küsten Ostindiens wächst, dort von den Meereswogen losgerissen, von dem großen um das Kap gehenden Meeresstrom ergriffen und bis in die Mitte des atlantischen Ozeans geführt wird, wo sie in einem von verschiedenen Strömungen umgebenen ziemlich ruhigen Theile des Meeres liegen bleibt und dort schwimmend weiter vegetirend den Sargasso-See bildet, eine grüne Fläche mitten im Ozean.

Digitized by Google

aus der Luft die sie umgibt in sich auf. Das Uebertreten der Nahrung ins Innere der allenthalben geschlossenen Zellen kann aber nur mittelst Durchdringens der Membran in dünnflüssiger Form, oder in Gestalt luftförmiger Gase geschehen. Um eine bessere Uebersicht über die unendliche Mannigfaltigkeit von Erscheinungen zu gewinnen, welche bei der Aufnahme der Nahrungsstoffe von außen, je nach der verschiedenen Natur der Pflanze, der Verhältnisse unter denen sie lebt ꝛc. zu berücksichtigen sind, wollen wir die Aufnahme der Nahrungsstoffe aus folgenden Gesichtspunkten betrachten, nämlich:

a. In Bezug auf die Eigenschaften der einfachen Grundstoffe, welche den Pflanzenkörper bilden.
b. In Bezug auf die Verbindungen, in welchen jene Grundstoffe in die Pflanze übertreten.
c. In Bezug auf die Gesetze, unter welchen die Aufnahme stattfindet.
d. In Bezug auf die Form, in welcher diese Verbindungen in Wasser, Luft und Erde enthalten sind, oder künstlich in dieselbe gebracht werden müssen.

§ 8. Die einfachen Grundstoffe, welche den Pflanzenkörper bilden, und deren Eigenschaften.

Als die vier wichtigsten Grundstoffe, aus denen die Pflanze besteht, lernten wir im siebenten Kapitel der zweiten Unterabtheilung 1. den Kohlenstoff, 2. Wasserstoff, 3. Sauerstoff und 4. Stickstoff kennen. Außer diesen vier Stoffen finden sich aber auch noch 5. Schwefel, 6. Phosphor, 7. Kali, 8. Natron, 9. Kalk, 10. Magnesium (Talkerde), 11. Kieselerde, 12. Eisen, 13. Chlor, 14. Jod, 15. Brom, 16. Fluor, 17. Aluminium und 18. Mangan im Pflanzenkörper. Die vier ersteren bilden die organischen Verbindungen, welche wir als den weitaus größten Theil des Gerippes und der Stoffe der Pflanze kennen lernten; die vierzehn letzteren, auch anorganische Stoffe genannt, finden sich dagegen in keiner Pflanze sämmtlich vereinigt, und bilden zusammengenommen einen nur sehr kleinen Theil der Pflanzensubstanz. Nur Nr. 5 bis 13 besitzen eine allgemeinere Verbreitung in der Pflanze und Nr. 14 bis 18 treten nur seltner auf. Gehen wir nun zur speziellen Betrachtung der für das Pflanzenleben wichtigsten dieser Stoffe über.

Der Sauerstoff bildet den fünften Theil unserer atmosphärischen Luft und ist im freien Zustande eine unsichtbare Gas- oder Luftart, ohne Geschmack und Geruch. Die Beimischung von Sauerstoff ertheilt der Luft die belebende oder das Leben unterhaltende Kraft. Keine Pflanze, kein Thier kann ohne Sauerstoff leben, er ist es, der jeden Verbrennungsprozeß einleitet, indem er sich mit dem brennenden Körper verbindet, wobei je nach Verschiedenheit dieses Körpers neue Erzeugnisse hervorgehen und Wärme und Licht entwickelt wird. So beruht das Anblasen des Feuers lediglich auf Zuführung anderer noch mit Sauerstoff gehörig gesättigter Luftschichten, und Körper, welche in gewöhnlicher Luft ohne

Digitized by Google

Flamme verbrennen, wie Kohle u. a., verbrennen im reinen Sauerstoffe mit hellen Flammen. Er ist es ferner, welcher alle Verwesungsprozesse einleitet, welche lediglich in einem langsam fortschreitenden Verbrennungsprozeß der verwesenden Körper mit dem Sauerstoff der Luft bestehen, wobei Wärme aber kein Licht (dunkler Verbrennungsprozeß) entwickelt wird.

Mit Wasserstoff vereiniget bildet er das Wasser. Mit Metallen und Mineralien vereiniget, nimmt er eine feste Gestalt an und bildet in diesem Zustande einen der vorzüglichsten Bestandtheile unserer Gesteine und Erdarten.

Die durch hellen oder dunkeln Vereinigungsprozeß des Sauerstoffs mit andern Körpern hervorgehenden Sauerstoffverbindungen werden Säuren genannt, wenn der neu gebildete Stoff im Wasser löslich ist, Oxyde aber nennt man sie, wenn sie im Wasser nicht löslich sind. So z. B. ist die Schwefelsäure eine derartig entstandene Verbindung von Schwefel und Sauerstoff, das Eisenoxyd oder Rost aber eine Verbindung von Sauerstoff und Eisen. Zu bemerken ist aber, daß nicht alle Säuren Sauerstoffverbindungen sind und ihre Entstehung auch Stoffen verdanken können, die mehrere Eigenschaften mit dem Sauerstoff gemein haben wie z. B. Chlor. Die Oxyde sind dagegen stets Sauerstoffverbindungen.

Der Wasserstoff ist im freien Zustande ebenfalls eine unsichtbare Gas- oder Luftart, die weder Geschmack noch Geruch besitzt, und sich von allen andern Luftarten durch ihre außerordentliche Leichtigkeit auszeichnet, indem sie $14^1/_2$ mal leichter als die gewöhnliche Luft ist. Diese Eigenschaft des Wasserstoffes hat man benutzt, um durch Füllung von Ballons mittelst desselben in unsere Atmosphäre emporzusteigen. Er ist ferner im freien Zustande sehr leicht entzündlich, leuchtet beim Brennen zwar nicht stark, gibt aber eine desto größere Hitze. Am verbreitetsten ist derselbe in verdichteter flüssiger Gestalt im Wasser, welches bekanntlich aus einer Verbindung von Wasserstoff und Sauerstoff besteht, und zwar in dem Verhältniß, daß neun Pfund Wasser, acht Pfund Sauerstoff und ein Pfund Wasserstoff enthalten. Dem Volumen nach ist dieses Mischungsverhältniß des Wassers, wegen der großen Leichtigkeit des Wasserstoffes jedoch ein anscheinend ganz verschiedenes, indem hier zwei Theile Wasserstoff und ein Theil Sauerstoff das Wasser bilden.

Wie groß die Kraft sein muß, welche diese beiden, im Verhältniß zur Wasserbildung gemischten Gasarten, zum Wasser verdichtet, geht aus der bedeutenden Raumveränderung hervor, welche dabei stattfindet, indem 2000 Theile dieser Mischung erst 1 Theil Wasser bilden. Diese Verdichtung findet ebenfalls unter einem Verbrennungsprozesse mit dem Sauerstoffe, oder Sauerstoffung des Wasserstoffes statt, der in der gewöhnlichen atmosphärischen Luft, durch die Beimischung von Stickgas gemildert, allmälig vor sich geht. Findet dieser Prozeß aber unter Beimischung von reinem Sauerstoff statt, so verbinden sich beide Gasarten mit solcher Heftigkeit zu Wasser, daß das Gefäß, in welchem sie stattfindet, mit großer Gewalt unter heftigem Knall zersprengt wird. Daher

Digitized by Google

hat diese Mischung beider Gasarten (zwei H, ein O) den Namen Knallgas erhalten, eine Luftmischung, die in Bergwerken die Ursache der schlagenden Wetter ist, wenn sie durch das Licht der Arbeiter entzündet wird.

Zerlegt wird dagegen das Wasser in Sauerstoff und Wasserstoff, nnd dabei der Wasserstoff frei, wenn dem Wasser der Sauerstoff durch Einwirkung von Zink, glühendem Eisen u. s. f. entzogen wird.

Da das richtige Verständniß der Ernährung der Pflanzen ganz besonders auch auf klarer Anschauung dieser Vorgänge beruht, da auch die Pflanze das aufgenommene Wasser zu ihren ferneren Bildungen zerlegt, so wollen wir den Vorgang der Zerlegung des Wassers an einem Platinfeuerzeuge anschaulicher zu machen suchen. Dieses besteht bekanntlich aus einem gläsernen Gefäß, welches zur Hälfte mit einer Mischung aus vier Theilen Wasser und ein Theil Schwefelsäure gefüllt wird. Da hinein wird eine Zinkstange gehängt und das Gefäß durch einen mit Hahnen versehenen Deckel geschlossen. Das Zink nimmt nun zunächst aus dem Wasser Sauerstoff auf, wobei Wasserstoff frei wird und das Zink sich in Zinkoxyd verwandelt. Dieses Letztere wird dann unter Einwirkung der Schwefelsäure aufgelöst und so geht dieser Vorgang beständig fort, den obern Raum des Gefässes immer mit neuem Wasserstoffgas speisend. Wird der Hahnen geöffnet, so strömt das leichte Wasserstoffgas aus und entzündet sich, indem es in Berührung mit Platin und Sauerstoff gebracht wird. Die Eigenschaft des Platins, den Wasserstoff zu entzünden, ist noch nicht erklärt, der Platin theilt aber diese Eigenschaft mit noch anderen sehr schweren Metallen, und es scheint diese Erscheinung lediglich aus der Wechselwirkung der schwersten uns bekannten Körper mit dem leichtesten zu resultiren. Das Brennen des Wasserstoffgases aber geht dabei aus der Vereinigung desselben mit dem Sauerstoff der atmosphärischen Luft hervor und die Flamme ist gleichsam der glühende Dampf des eben gebildeten Wassers, welches durch Abkühlung zu tropfbarem Wasser wird. Diese Abkühlung wird man leicht erhalten, wenn man die Flamme in das Innere einer Glasröhre hineinspielen läßt.

Der Kohlenstoff, welcher die festen Theile des Pflanzenkörpers zum größten Theil bildet, ist als jener feste schwarze oder graue Körper allgemein bekannt, wie ihn unsere gewöhnliche Holzkohle in ziemlich reiner Gestalt darstellt. Die Holzkohle wird bekanntlich durch Erhitzung in einem von der atmosphärischen Luft abgeschlossenen Raume aus dem Holze dargestellt, wie z. B. in den gewöhnlichen Kohlenmeilern. Dabei entweichen der Sauerstoff und der Wasserstoff des Holzes und der Kohlenstoff bleibt in jener Form zurück. In durchaus reinem Zustande, als geschmolzener Kohlenstoff, kommt er ferner in Form eines glänzenden durchsichtigen Steines, des Diamanten, vor. In der Pflanze geht der Kohlenstoff verschiedenartige Verbindungen mit Wasserstoff, Sauerstoff und selbst Stickstoff ein, und stellt so den Membran- oder Holzstoff, Stärke, Zucker u. s. f. dar.

Digitized by Google

Die Kohle besitzt die Eigenschaft, die gemeine Luft und andere Gasarten einzusaugen und zwar in dem Grade, daß sie in gut ausgeglühtem Zustande bis auf 35 mal mehr, als ihr eigener Umfang beträgt, Gase in sich aufnehmen kann. Erhitzt man die Kohle unterm Zutritt der Luft, so verliert der Kohlenstoff seine feste Gestalt, indem er sich mit dem Sauerstoff der Luft zu einer bekannten Gasart, dem kohlensauren Gas oder der Kohlensäure verbindet, wie dieß bei jedem Verbrennungsprozeß und selbst dem Verwesungsprozeß der vegetabilischen und animalischen Stoffe geschieht. Da auch die Holzkohle niemals aus durchaus reinem Kohlenstoff, sondern auch noch aus andern unverbrennlichen Körpern besteht, so bleibt dabei noch ein pulveriger Rückstand, die Asche, welche wir noch spezieller besprechen werden.

Der Stickstoff ist im freien Zustande eine unsichtbare Gas- oder Luftart, welche den größten Theil unserer atmosphärischen Luft bildet, insofern diese aus ein Theil Sauerstoff und vier Theilen Stickstoff ihrer Hauptmasse nach zusammengesetzt ist. Im Erdboden findet er sich hauptsächlich nur da, wo dieser Reste von Pflanzen und Thieren enthält. Dessen Vorkommen im Pflanzenreiche und seine Wichtigkeit für das Pflanzenleben, die zur Lebensthätigkeit anregende Kraft desselben, haben wir Seite 92 kennen gelernt. In noch größerer Verbreitung findet sich derselbe im Körper der Thiere.

Mit Sauerstoff verbindet er sich zu einer Säure, der Salpetersäure. Mit Kali, Natron oder Kalk verbunden bildet er die Salpeterarten, welche allenthalben da, wo Pflanzen- und Thierstoffe verwesen, erzeugt werden. Die für die Ernährung der Pflanzen wichtigste Form desselben entsteht bei Verwesung von Pflanzen- und Thierstoffen. Es ist dieß eine luftförmige Verbindung desselben mit Wasserstoff, welche Ammoniak genannt wird, und sich durch einen eigenthümlichen stechenden Geruch charakterisirt. Das Ammoniakgas ist in Folge seiner Verbindung mit dem Wasserstoff viel leichter als die Luft. Zu Säuren verhält es sich als Base, indem es mit bestimmten Mengen derselben vermischt oder gesättiget, die für die Düngerwirthschaft wichtigen Ammoniaksalze bildet.

Bringt man z. B. Ammoniak und Kohlensäure in ein Gefäß zusammen, so entstehen weiße Nebel, die sich bald darauf als eine weiße feste Masse, dem kohlensauren Ammoniak, an dem Gefäße absetzen. Dieses kohlensaure Ammoniak gleicht insofern dem reinen Ammoniak, als es die Eigenschaft besitzt, sich mit allen Säuren zu verbinden. So zerlegt es eine Menge Erd- und Metalloxyde, verbindet sich mit deren Säuren und gibt die eigene Kohlensäure an die gefällten Metalle und Erden ab. — Das Ammoniak ist ferner vermöge seiner Leichtigkeit ein sehr flüchtiger, d. h. leicht in die Atmosphäre entweichender Stoff, daher dessen Bindung durch Säuren ꝛc. für die Düngerwirthschaft sehr wichtig. Es besitzt aber auch noch außerdem die Eigenschaft, sich mit vielen andern Körpern, so z. B. mit Wasser zu verbinden. Dieser Verschluckungsprozeß des Ammoniaks durch das Wasser geschieht mit

Digitized by Google

solcher Kraft, daß in ein mit Ammoniak gefülltes Glas, welches man umgekehrt in ein Gefäß mit Wasser taucht, das Wasser so schnell hineinstürzt, wie wenn das Glas luftleer wäre.

Die Stickstoffbildung der Pflanze ist jedoch nicht bloß für die Pflanze selbst von großer Wichtigkeit, sondern indem der Stickstoff in Form von Eiweiß, Kleber, Leim ꝛc. in einzelnen Pflanzentheilen, wie in dem Samen der Cerealien, Hülsengewächse ꝛc., oder in den jungen Blättern, abgelagert wird, werden diese Pflanzentheile zu den kräftigsten Nahrungsmitteln für Menschen und Thiere. Diese Letzteren können ohne stickstoffhaltige Nahrung nicht bestehen, sie bedürfen derselben zum Leben, zur Knochenbildung. Der thierische Körper ist nun aber nicht im Stande, auch nur eine einzige der ihm nothwendigen Stickstoffverbindungen aus den einfachen Grundelementen zu bilden, sondern er muß sie schon vorgebildet mit den Nahrungsmitteln aufnehmen. Hiernach ist die Pflanze die letzte und einzige Quelle des für Menschen und Thiere nothwendigen Stickstoffs; denn genießt auch der Mensch denselben großentheils mit den Fleischspeisen, so waren es doch Pflanzen, die ihn den Thieren zunächst lieferten. Außerdem genießt auch eine große Masse von Menschen den Stickstoff nur mit den Pflanzen, und da die Nahrungsfähigkeit unserer Pflanzenspeisen mit deren Stickstoffgehalt im geraden Verhältniß steht, wollen wir hier nur beispielsweise erwähnen, daß unter 100 Gewichtstheilen die Linsen 36, der Waizen 22, die Bohnen 22, die Erbsen 14, Mais 13, der Roggen 11, die Kartoffeln 7—8, die Gerste 6 und der Reis nur $3^1/_2$ Gewichtstheile Stickstoff enthalten. Es geht hieraus auch zur Genüge hervor, daß es gerade kein Unglück für die Menschheit ist, wenn in Folge der Krankheit die Kartoffel aufgehört hat, die ausschließliche Nahrung der ärmeren Menschenklassen ganzer Länder zu sein, da stickstoffarme Nahrungsmittel gar sehr auf die Erschlaffung ganzer Völkerstämme zurückwirken können.

Die anorganischen Stoffe, welche wir unter Nr. 5—18 aufführten, lernten wir schon früher in ihrem Vorkommen im Pflanzenkörper als Salze, Krystalle ꝛc. kennen. Sie sind es, die die unverbrennlichen oder Aschentheile der Pflanze bilden, die beim vollkommenen Verbrennungsprozeß unter Zuströmen der atmosphärischen Luft von den Pflanzentheilen zurückbleiben, während die organischen Stoffe auf die im Vorangegangenen gezeigte Weise sich beim Verbrennen verflüchtigen. Auch durch den Verwesungsprozeß werden die anorganischen Bestandtheile nicht verflüchtiget.

Die Menge derselben ist in den verschiedenen Theilen der Pflanze, und je nach der Pflanzenart verschieden, oder wird wohl auch wesentlich durch den Boden mit bedingt. So z. B enthalten 100 Theile gehörig ausgetrocknetes Holz kaum 1 Prozent Asche, während die Blätter der gleichen Pflanze oft 7 bis 10 Prozent Asche enthalten. So sind gewisse Strandpflanzen an Natronsalzen sehr reich, welche sie aus dem an Salz reichen Boden der Meeresufer in Menge aufnehmen; auf gewöhnlichen Boden verpflanzt enthalten sie diese Salze aber in viel geringerer Menge,

Digitized by Google

und können daher nur da wo sie auf Salzboden wachsen, zur Sodabereitung benutzt werden.

Aus diesen und ähnlichen Erscheinungen hat man früher den falschen Schluß gezogen, die anorganischen Stoffe seien für die Ernährung der Pflanze unwesentlich, sie würden nur zufällig, je nach dem Boden, im gelösten Zustande aufgenommen, gleichwie auch eigentliche Gifte, wenn sie der Pflanze in verdaulichem Zustande dargeboten würden, in den Pflanzenkörper übergingen. Die genauen Untersuchungen der Neuzeit haben nun aber überzeugend dargethan, daß dem nicht so ist, daß die Pflanze gewisser anorganischer Stoffe zu ihrem Leben bedarf, theils um überschüssige Säurebildung zu binden, theils um auf kräftigere Stengel- und Samenbildung einzuwirken. Bei diesen Vorgängen sind einzelne wie Schwefel, Phosphor, Alkalien, Kieselerde der größten Zahl der Pflanzen unbedingt nothwendig, andere dagegen wie Nr. 14 bis 18 sind von geringerer Bedeutung, oder es kann wohl auch der eine dieser Stoffe, einen der ersteren als Base ersetzen.

Wenn nun einerseits die Wichtigkeit der anorganischen Stoffe fürs Pflanzenleben dargethan ist, so ist man andrerseits in das andere Extrem gefallen und hat denselben eine noch größere Wichtigkeit beigemessen, als sie in der That besitzen. Liebig war es, der in dieser Beziehung zu weit, wenn gleich nicht so weit ging, wie ihm vielfach von denen die seine Schriften gar nicht, oder nur halb gelesen, unterschoben wird. Dagegen ist es das unbestrittene Verdienst Liebigs, den Nutzen der anorganischen Stoffe aufs Schlagendste nachgewiesen zu haben, nur sind seine Ansichten über Aufnahme der einfachen Stoffe überhaupt mit den Resultaten der Praxis nicht immer übereinstimmend.

Betrachten wir nun nach diesen allgemeinen Bemerkungen noch die Natur der für die Pflanze wichtigsten, oder in der Pflanze am allgemeinsten verbreiteten anorganischen Stoffe. Wir können dieß am besten, indem wir die Asche der Pflanzen, welche alle diese Stoffe enthält, einer genauern Prüfung unterwerfen.

Es scheiden sich die Aschentheile zunächst in im Wasser lösliche und im Wasser nicht lösliche Stoffe. Uebergießt man nämlich Pflanzenasche mit Wasser, so löst sich ein Theil derselben im Wasser auf, ein anderer Theil bleibt als feines Pulver am Boden des Gefäßes zurück. Die im Wasser gelösten Stoffe werden durch Abdampfung wieder als weißgrau gefärbtes Pulver dargestellt, welches von unsern gewöhnlichen Pflanzen als Pottasche und von den Meerstrandspflanzen als Soda gewonnen und in den Handel gebracht wird. Die Pottasche besteht nun aus einer Verbindung von Kohlensäure und Kali, und die Soda aus der Verbindung von Kohlensäure und Natron. Kali und Natron sind demnach zwei in der Pflanzenwelt allgemein verbreitete Körper, die auch den gemeinsamen Namen Alkalien erhalten haben, weil sie beide im gelösten Zustande (in der Lauge) einen ätzenden brennenden Laugengeschmack besitzen. Zu Säuren verhalten sie sich wie Basen, indem sie diese sättigen und mit ihnen Salze bilden. Rothe Blumen

Digitized by Google

färben sie grün, und durch Säuren gerötheten Lakmus blau. Kali und Natron sind aber keine einfachen Stoffe, sondern es besteht ersteres aus einer Verbindung von Kalimetall oder Kalium mit Sauerstoff, im Verhältniß von 39 zu 8, und letzteres aus dem Natronmetall oder Natrium mit Sauerstoff im Verhältniß von 23 zu 8.

Der gelösten Pottasche und Soda sind aber auch Schwefel, in Form von Schwefelsäure und Chlor in geringer Menge beigemischt. Von diesen spielt der Schwefel, bei verschiedenen stickstoffhaltigen Verbindungen in der Pflanze, eine wichtige Rolle; in der Pottasche ist die Schwefelsäure in ähnlicher Weise wie die Kohlensäure mit dem Kali zu schwefelsaurem Kali verbunden, so daß sie auf den Geschmack der Lauge keinen Einfluß ausübt.

Das Chlor ist eine gelblich grün gefärbte Gasart von durchdringendem, stechendem, erstickendem Geruch. Unser bekanntes Kochsalz ist eine Verbindung von Kalium und Chlor, im Verhältniß von 23 zu 36. In der Pottasche und Soda kommt das Chlor in der Form vor, daß es die Stelle des Sauerstoffes vertritt und sich mit dem Grundbestandtheil der Alkalien, dem Kalium und Natrium zu Chlorkalium und Chlornatrium verbindet. Letzteres ist das bekannte Kochsalz, ersteres dagegen ein dem Kochsalz nah verwandter Stoff.

Der andere Theil der nicht vom Wasser gelösten Aschenbestandtheile enthält ebenfalls verschiedene anorganische Bestandtheile. Unter diesen herrschen Kalk und Magnesium als Basen vor, indem sie sich mit Säuren zu verschiedenen Körpern vereinigen.

Der Kalk, dieser für die Technik so wichtige Körper, ist dieß in nicht geringerem Grade auch für die Pflanze, indem er auch im Pflanzenkörper als mit Säuren verbundene Base eine sehr allgemeine Verbreitung besitzt und es sogar viele Pflanzen gibt, die, ohne daß ihnen derselbe in reichlicher Menge zur Ernährung geboten wird, gar nicht leben können. Man nennt solche Pflanzen als an eigentlichen Kalkboden gebunden, kalkstet.

Der Kalk ist ebenfalls kein einfacher, sondern ein zusammengesetzter Körper, der im reinen Zustande aus einer Verbindung von Metallkalk oder Calcium mit Sauerstoff, im Verhältniß von 20 zu 8 besteht. In der Natur kommt er aber eben so wenig im reinen Zustande wie im Pflanzenkörper vor.

In der Pflanzenasche finden wir ihn zunächst mit Kohlensäure zu kohlensaurem Kalke vereiniget. Es ist das dieselbe Verbindung, in welcher der Kalk in der Natur in so ungeheuren Massen als Kalkstein vorkommt. Der kohlensaure Kalk, in zerbröckeltem Zustande auch Kalkerde genannt, ist selbst im siedenden Wasser durchaus unlöslich. Dagegen löst er sich in verdünnten Säuren. Bei diesem Lösungsprozeß des Calciums in den Säuren wird die Kohlensäure frei, wodurch, wenn man gepulverten Kalk in Säure löst, ein Aufbrausen entsteht. Die Kohlensäure kann aber auch durch Glühen aus dem Kalkstein ausgetrieben werden, worauf das Brennen des Kalkes beruht. Der auf diese

Digitized by Google

Weise gereinigte Kalk ist im Wasser löslich und erhitzt sich, indem er sich mit demselben verbindet zur Siedhitze, eine beim Löschen des Kalkes allgemein bekannte Erscheinung.

Eine zweite sehr wichtige in der Asche vorhandene Verbindung, ist der phosphorsaure Kalk, eine Verbindung der Phosphorsäure mit dem Kalk. Denn auch die Phosphorsäure gehört mit zu den wichtigsten anorganischen Nahrungsmitteln, da sie z. B. auf die Samenbildung der Getreidearten wesentlich einwirkt, so daß unter reichlicher Zufuhr derselben besonders schöne und große Samen gebildet werden. So besteht die Asche von Waizenkörner zu $^2/_3$, von Roggen zu $^1/_2$, von Gerste zu $^1/_3$ und von Hafer zu ungefähr $^1/_6$ aus Phosphorsäure. Wenn dieß einestheils die hohe Wichtigkeit dieses Stoffes für diese Pflanzen darthut, so ist andrerseits die Hypothese, daß überhaupt kein Samen ohne Zufuhr der Phosphorsäure reifen könnte, jedenfalls mehr als gewagt. — Gewiß ist nur, daß sie zur vollkommenen Ausbildung der Samen gewisser Kulturpflanzen sehr nothwendig ist.

Die Phosphorsäure ist eine Verbindung von Sauerstoff und Phosphor. Der Phosphor ist ein gelblicher Körper, bekannt durch seine Eigenschaft, sich zu entzünden, sobald er mit der atmosphärischen Luft in Berührung kommt. Auf dieser Eigenschaft desselben beruht z. B. seine Verwendung zu den bekannten Streichzündchölzchen. Durch eine Lösung von Gummi von der atmosphärischen Luft abgeschlossen, entzündet er sich aber, sobald diese durch Reiben entfernt wird. In größter Menge findet sich der Phosphor z. B. in den Knochen der Thiere, ebenfalls als phosphorsaurer Kalk, und hierauf beruht die düngende, besonders schwere Frucht bedingende Kraft des Knochenmehls. Brennt man die Knochen, so verflüchtiget sich der Kohlenstoff ꝛc. und es bleibt ein weißliches Pulver zurück, die sogenannte Beinasche, welches phosphorsaurer Kalk ist. Aus dieser wird auch der Phosphor dargestellt, indem man Wasser und Schwefelsäure zusetzt. Letztere verbindet sich mit dem Kalk zu schwefelsaurem Kalk oder Gyps und so erhält man zunächst Phosphorsäure. Wie wenig die einfachen Grundstoffe, wenn sie Verbindungen mit anderen eingehen, ihre Eigenschaften in der neuen Verbindung beibehalten, davon gibt gerade die Phosphorsäure ein schlagendes Beispiel, indem sie sich durch die Hitze nicht verflüchtiget, sondern in einen glasartigen Körper verwandelt, während ihre beiden Grundstoffe, Phosphor und Sauerstoff, unter Einfluß der Hitze zu den flüchtigsten Stoffen gehören.

Magnesium, auch Talk oder Bittererde genannt, besitzt viel geringere Verbreitung und Wichtigkeit als der Kalk. Es ist dieß ein dem Kalk ähnlicher Stoff. Sein Grundstoff, das Bittererdemetall, Magnium oder Talcium genannt, verbindet sich zunächst mit Sauerstoff im Verhältniß von 12 zu 8, zur Talk- oder Bittererde, einem leichten weißen Pulver. Diese kommt jedoch auch ähnlich wie der Kalk, gemeiniglich in Verbindung mit Kohlensäure als kohlensaure Talkerde vor, und besitzt überhaupt die dem Kalk ähnliche Eigenschaft, als

Digitized by Google

Base sich mit Säuren zu neuen Verbindungen zu einigen. Es wird daher Kalkerde und Talkerde gewöhnlich mit dem gemeinsamen Namen alkalische Erden belegt, welche außer den genannten Eigenschaften auch noch die gemeinschaftlich haben, daß sie im Wasser unlöslich, und in schwachen Säuren löslich sind.

Der letzte sehr wesentliche Bestandtheil, der im Wasser unlöslichen Aschentheile, ist die Kieselerde, eine Substanz, welche besonders in den Stengeln der Gräser in großer Menge in den Rindenschichten vorkommt und z. B. die außerordentliche Härte und Dauerhaftigkeit des Bambusrohres bedingt. Es besteht ferner auch die Asche des Hafer- und Gerstenstrohes zur Hälfte aus Kieselerde, und Roggen- und Waizenstrohasche, enthalten sogar 70 Prozent. Dieselbe ist daher diesen Pflanzen zum kräftigen Wachsthum sehr nothwendig und daher kommt es, daß die Getreide selbst in einem an andern Nahrungsstoffen reichen, aber an Kieselerde armen Humus des Waldes oder der Torfmoore, nicht kräftig gedeihen wollen.

Die Kieselerde hat aber auch in der Natur eine sehr allgemeine Verbreitung. Sie bildet als Sand, Granit und als Bestandtheil vieler anderer Mineralien einen großen Theil des festen Erdkörpers. Am reinsten findet sie sich zu Quarz, Feuerstein und Bergkrystall zusammengeschmolzen, die gepulvert eben die reine Kieselerde darstellen. Dieselbe ist in Wasser und Säuren unlöslich. Glüht man dagegen zwei Theile Kieselerde und ein Theil Pottasche zusammen, so verbinden sich diese zu dem wasserhellen Körper, den wir Glas nennen. Was hier die Kunst bewirkt, das thut in der Natur der allgewaltige Zahn der Zeit, die Verwitterung, welche unter Einfluß von Kali die Kieselerde löslich und also für die Pflanze aufnehmbar macht.

Schließlich wollen wir noch als den letzten der anorganischen Stoffe, die eine allgemeinere Verbreitung im Pflanzenkörper besitzen, des Eisens erwähnen, jenes allbekannten, in den meisten Bodenarten in größerer oder geringerer Menge vorhandenen Metalls. Kommt dasselbe längere Zeit mit Feuchtigkeit und Sauerstoff in Berührung, so verbindet es sich mit dem letzteren zu dem Eisenoxyd, anfangs schwärzlich, später roth gefärbt und unter dem Namen Rost allgemein bekannt. Dieses Eisenoxyd ist es, welche manche Bodenarten roth färbt, und es scheint für einzelne Pflanzengattungen, wie namentlich für die immergrünen Eichenarten ein nothwendiger Nahrstoff zu sein. Das Eisenoxyd ist in verdünnten Säuren löslich. So wird durch Uebergießung mit verdünnter Schwefelsäure aus demselben das schwefelsaure Eisenoxydul oder der Eisenvitriol gebildet, der z. B. auf die Bildung des Pflanzengrüns eine entschiedene Einwirkung zeigt.

Den Rest der oben genannten anorganischen Stoffe, Nr. 14 bis 18, können wir hier als für das Pflanzenleben von oft bloß zufälliger oder doch ganz spezieller Bedeutung übergehen, werden sie aber beim Boden noch kennen lernen. Bevor wir diesen Gegenstand aber verlassen, wollen wir noch andeuten, daß es eine ältere Ansicht war, daß im

Digitized by Google

Pflanzenkörper vorhandene derartige Stoffe unterm Einfluß der chemischen Thätigkeit der Pflanze gebildet würden, ähnlich wie man sich früher bemühte Gold zu machen.

Es ist jetzt aber unumstößlich festgestellt, daß sie alle von außen in die Pflanze übergehen; daß die Alkalien und alkalischen Erden, durch Bindung der überschüssigen Säuren, für das Pflanzenleben von hoher Wichtigkeit sind; daß ferner mehrere unorganische Säuren einen wesentlichen Bestandtheil mancher Pflanzenstoffe bilden; daß die Kieselerde als fester Bestandtheil des Pflanzenkörpers vielen Pflanzen unbedingt nothwendig, und daß endlich auch Eisen, Chlor und andere, in gewissen Formen in die Pflanze übergehend, wahrscheinlich nicht rein zufällig aufgenommen werden, sondern in inniger Beziehung zu der chemischen Thätigkeit im Innern des Pflanzenkörpers stehen. Die Art und Weise, wie alle diese Stoffe auf das Pflanzenleben einwirken, haben wir nur in ihren Grundzügen anzudeuten versucht, es wird aber noch lange dauern, bis wir in dieser Hinsicht in jeder Beziehung einen klaren Ueberblick erhalten werden, wenn dieß überhaupt je möglich. Denn gleich beim Eintreten in den Pflanzenkörper verändern alle diese einfachen oder zusammengesetzten Körper ihr Wesen gänzlich, indem sie wie in einer chemischen Retorte neue Verbindungen eingehen. Wie wenig aber diese neuen Verbindungen in ihren Eigenschaften den sie bildenden Mischungstheilen gleichen, das haben wir schon bei der Phosphorsäure gezeigt, davon liefert ferner die Verbindung der ätzenden Pottasche (Kali) mit dem scharfen Scheidewasser (Salpetersäure) zu einem bekannten milden Salze, dem Salpeter, einen anderen schlagenden Beweis. Wer aber wollte es unternehmen, eine klare Anschauung aller der bei diesen Vorgängen in der einen Richtung gebunden werdenden, und nun in ganz anderer Richtung thätigen Kräfte zu geben, auf deren Wechselwirkung eben das Pflanzenleben in seiner unendlichen Mannigfaltigkeit von Stoffbildung beruht!

§ 9. Die Verbindungen, in denen die einfachen Grundstoffe in die Pflanze übertreten und die Gesetze, durch welche die Aufnahme derselben bedingt wird.

Wir haben im Vorhergehenden die Eigenschaften der den Pflanzenkörper zusammensetzenden einfachen Grundstoffe kennen gelernt und wollen in diesem Abschnitte die Form betrachten, unter der sie in die Pflanze übertreten. Es ist nämlich nachgewiesen, daß sich die Pflanze nur eines einzigen dieser Grundstoffe in einfacher Form bemächtigen kann, und dieß ist der Sauerstoff. Alle anderen gehen dagegen in binären und ternären Verbindungen in die Pflanze über. Die Verbindungen der Grundstoffe der organischen Bildungen, Sauerstoff, Wasserstoff, Kohlenstoff und Stickstoff, spielen dabei die Hauptrolle, denn die lange Reihe der anorganischem Stoffe bildet zusammengenommen durchschnittlich nur ein bis vier Prozent der Nahrung, welches Verhältniß nur in

Digitized by Google

sehr seltenen Fällen bis zu zwanzig Prozent ansteigt. Dennoch ist es sicher, und dieß nachgewiesen zu haben ist Liebigs Verdienst, daß alle der Pflanze zum Leben nothwendigen Stoffe zusammenwirken müssen, soll sie gedeihen. Fehlt nur einer dieser, nicht bloß zufällig aufgenommenen, sondern zum Leben wirklich nothwendigen Stoffe, wie Alkalien, Kieselerde ꝛc., so verlieren auch alle andern Nahrungsstoffe ihre Wirksamkeit und die Pflanze gedeihet nicht. Setzt man ihn aber in verdaulicher Form zu, so werden sogleich alle andern Stoffe wieder wirksam. Es bedingt daher der Mangel einzelner Stoffe, ebenso sehr wie das Vorhandensein einzelner schädlicher Stoffe, das sichtbare nicht Gedeihen mancher Pflanzen in bestimmten Bodenarten. Merkwürdig ist endlich noch beim Ernährungsgeschäft der Pflanze die Thatsache, daß der Pflanze im Allgemeinen wenige Stoffe in unveränderter Gestalt als Nahrung dienen, die sie selbst bereits verarbeitet oder assimilirt hat. So nimmt z. B. eine Pflanze eine einigermaßen konzentrirte Gummi- oder Zuckerlösung, wenn sie mit den unverletzten Wurzeln in dieselbe gestellt wird, gar nicht auf. In sehr dünner Lösung gehen diese Stoffe wohl in die Pflanze über, aber sie ernähren dieselbe wie es scheint nur in geringem Grade, da Pflanzen in solchen nicht viel länger am Leben erhalten werden, als in gewöhnlichem Wasser und also die Erhaltung zum Theil auf Rechnung des Wassers zu setzen ist. Eine Ausnahme machen nur die Schmarotzerpflanzen, das Edelreis ꝛc., auch erhielt Bouſſingault bei derartigen Versuchen bessere Resultate.

Der Sauerstoff wird zwar, wie wir im Kapitel über Stoffwechsel sehen werden, in großen Quantitäten als einfacher Stoff aus der Luft aufgenommen. Bei dem eigentlichen Ernährungsgeschäft, bei der Aufnahme durch die Wurzel oder deren Stellvertreter, geht aber der Sauerstoff ebenfalls nur in Verbindungen in die Pflanze über. Die in dieser Beziehung wichtigsten Verbindungen überhaupt, sind für die organischen Stoffe Wasser, Kohlensäure und Ammoniak, und für die anorganischen, Salze und Säuren.

Das Wasser von der Pflanze in seine Grundstoffe zerlegt liefert Wasserstoff und Sauerstoff in reichlicher Menge. Wir werden später sehen, daß eine extreme Ansicht die Zerlegung des Wassers im Innern der Pflanze bestreitet und das Wasser nur zum Träger der Nahrungsstoffe in gelöster Form stempeln will. Allerdings kann weder die Zerlegung des Wassers, noch die Nichtzerlegung desselben von der Pflanze direkt bewiesen werden. Die chemischen Vorgänge im Innern der Pflanze unterm Einfluß der Lebenskraft sind aber so mannigfacher Natur, und können in so vielen ihrer Vorgänge von unserer Chemie noch nicht erklärt werden, daß hier nur die Wahrscheinlichkeit die eine oder andere Annahme begründen kann. Da nun aber die Pflanze die Gestalt aller von ihr aufgenommenen Stoffe verändert, d. h. deren Grundstoffe zu anderen Verbindungen benutzt, so ist es durchaus unwahrscheinlich, daß das Wasser die einzige Verbindung sein sollte, die von den im Innern

Digitized by Google

der Zellen thätigen chemischen Kräften unberührt, durch die Pflanze hindurch gehen sollte.

Die Kohlensäure lernten wir als eine Verbindung von Kohlenstoff und Sauerstoff in luftförmiger Gestalt kennen. Der der Pflanze zur Bildung des Holzes so nothwendige Kohlenstoff wird von derselben sehr wahrscheinlich einzig, oder doch zum größten Theil nur in Form von Kohlensäure aufgenommen. Die Kohlensäure ist unserer atmosphärischen Luft zwar in nur sehr geringem Verhältnisse beigemischt, indem tausend Theile derselben nur drei bis fünf Theile Kohlensäure enthalten. Dennoch hat aber die Berechnung gezeigt, daß selbst diese geringe Menge vollständig genügt, um daraus die Bildung des Kohlenstoffs, nicht nur aller der jetzt lebenden Pflanzen zu erklären, sondern auch den, welcher von untergegangenen Pflanzenschöpfungen stammend, in ungeheurer Menge jetzt im Schooße unserer Erde, in Form von Steinkohle, Braunkohle ꝛc. begraben liegt.

Die Kohlensäure liefert der Pflanze aber nicht nur Kohlenstoff, sondern es wird mit derselben zugleich auch Sauerstoff aufgenommen, der bei der Bindung des Kohlenstoffes frei wird, um entweder zu andern Verbindungen verwendet oder wieder an die atmosphärische Luft abgegeben zu werden.

Durch diese Eigenschaft wird die Pflanzenwelt zugleich ein unendlich wichtiges Mittelglied für das menschliche und thierische Leben.

Die Kohlensäure wird nämlich täglich in ungeheurer Menge produzirt und dafür Sauerstoff konsumirt, wie durch den Athmungsprozeß der Menschen und Thiere, durch jeden Verbrennungsprozeß, durch Fäulniß von Pflanzen- und Thierstoffen. Alle diese Prozesse beruhen auf einem Verbindungsprozeß (Verbrennungsprozeß) des Kohlenstoffs, des Pflanzen- und Thierkörpers mit dem Sauerstoff, woraus eben die Kohlensäure entsteht. Wie groß die Menge der auf diese Weise gebildeten Kohlensäure ist, geht daraus hervor, daß ein erwachsener Mensch jährlich ungefähr dreihundert Pfund Kohlenstoff als Kohlensäure ausathmet. Bei einer ungefähren Bevölkerung unseres Erdballes von tausend Millionen Menschen würden mithin jährlich allein dreimalhunderttausend Millionen Pfund Kohlenstoff der Athmosphäre mitgetheilt. Viel beträchtlicher ist aber noch die Masse der jährlich durch die Thiere produzirten Kohlensäure, noch größer die durch Verbrennungs- und Verwesungsprozesse gebildete, und dazu kommt endlich noch eine sehr bedeutende Masse von Kohlensäure, die aus mineralischen Quellen so wie an einzelnen Orten, aus dem Erdinnern unmittelbar ausgehaucht wird, wie dieß z. B. von einzelnen Lokalitäten der Eifel, Böhmens ꝛc. nachgewiesen ist.

Würden diese Prozesse unausgesetzt so fortdauern, so müßte mit der Zeit der Gehalt unserer Atmosphäre an Kohlensäure nach und nach so vermehrt, und dafür der Gehalt derselben an Sauerstoff so vermindert werden, daß alles Leben aufhören müßte.

Die Pflanzenwelt übernimmt nun die Vermittlung, indem sie das

Digitized by Google

Gleichgewicht wieder herstellt, und in gleichem Maaße Kohlensäure aufnimmt und Sauerstoff abgibt, als durch jene Prozesse gebildet und konsumirt werden. Wir haben früher die Pflanzenwelt als die letzte Nahrungsquelle für das thierische und menschliche Leben kennen gelernt; jetzt erkennen wir sie nun auch als Behüterin und Erhalterin desselben. Da diese Vorgänge nun aber oft sehr örtlicher Natur sind, so leuchtet es ein, daß dadurch auch eben so häufig örtlich das natürliche Mischungsverhältniß der Luft gestört werden muß. Daraus erklärt sich die Ungesundheit der Luft in großen Städten, wo Kohlensäure und andere Stoffe der Luft in größerer Menge beigemischt sind, und andrerseits das frische belebende Gefühl welches wir auf dem Lande, umgeben von grünen Wiesen, in Waldungen oder auf der Höhe der Berge empfinden, wo die Luft hinwiederum reicher an Sauerstoff ist.

Die Luft ist aber nicht die einzige Quelle der Kohlensäure für die Pflanze, denn dieselbe kommt ferner auch frei in jedem Wasser vor, welches mit Luft oder Erde in Verbindung stand, so wie sie sich auch fortwährend in jedem Boden erzeugt, der Humus (verwesende Pflanzen- und Thierstoffe) Kalk und Talkerde enthält. Diese drei letzteren Stoffe, ganz besonders aber der Humus, unterm Zutritt des Sauerstoffs der atmosphärischen Luft und Feuchtigkeit, in fortwährender Zersetzung und Auflösung begriffen, sind nebst dem Wasser für die Pflanze die hauptsächlichste Quelle der Kohlensäure, welche bei dem eigentlichen Ernährungsgeschäft durch die Wurzel aufgenommen wird. Zweifelhaft nur ist es, ob die Aufnahme von Kohlenstoff aus dem Boden immer in Form von Kohlensäure, und ob nicht auch in Form von Humussäuren und Humussalzen vor sich geht. Es ist das die gleiche Frage, die wir beim Stickstoff und Humus einläßlicher besprechen werden. Sicher nur ist, daß Kohlensäure durch die Wurzeln nur in Verbindung mit Wasser aufgenommen werden kann. Direkt aus der Luft konsumirt dagegen die Pflanze die Kohlensäure nur mittelst des Stoffwechsels durch die Blätter, oder mittelst der Luftwurzeln bestimmter Pflanzengruppen. Wir werden später Gelegenheit haben, diese Punkte von höchster Wichtigkeit für das Pflanzenleben, welche sehr verschiedenartige Deutung erfahren haben, theils bei der speziellen Betrachtung des Humus, theils beim Athmungsprozeß, einläßlicher zu betrachten.

Der Stickstoff, welcher das die Lebenserscheinungen anregende Prinzip in der Pflanze bildet, und dessen reichliche Zufuhr das üppige Gedeihen derselben ungemein befördert, macht zwar den größten Theil der atmosphärischen Luft ($^4/_5$) aus, die Pflanze kann sich aber desselben in dieser Form nicht bemächtigen. Der reine Stickstoff zeigt nämlich überhaupt keinerlei Neigung, mit anderen Stoffen eine Verbindung einzugehen, und in Folge dessen ist die Pflanze nicht mit dem Vermögen begabt, sich desselben in reiner Gestalt zu bemächtigen, denn sonst wäre für sie die Atmosphäre eine unerschöpfliche Quelle desselben. Während daher die anderen organischen Nahrungsstoffe der Pflanze fast allenthalben in reichlicher Menge geboten werden, besitzt der Stickstoff, in

Digitized by Google

einer für die Pflanze verdaulichen Form, eine viel geringere Verbreitung, da sich die Pflanze desselben vorzüglich nur in Form organischer Auflösungen bemächtigen kann. In dieser Beziehung ist das bei der Verwesung von Pflanzen und Thierstoffen sich erzeugende Ammoniak, welches wir als einen luftförmigen aus Stickstoff und Wasserstoff bestehenden Körper kennen lernten, mittelbar oder unmittelbar die Hauptquelle des Stickstoffs für die Pflanze. Da nun Thierstoffe aller Art Ammoniak bei der Verwesung in größter Menge entwickeln, so entspringt hieraus der große Werth, den dieselben als Dungstoffe für Landwirthschaft und Gartenbau besitzen. Die Verwesung aller organischen Stoffe ist zugleich mit Zersetzung in die organischen Grundelemente verbunden, indem einerseits Sauerstoff und Kohlenstoff sich in Kohlensäure, und andererseits Wasserstoff und Stickstoff sich zu Ammoniak verbinden und so die unterm Einfluß der Lebenskraft gebildeten mannigfachen Stoffe, nach dem Tode des Individuums ihre ursprünglichen Formen wieder annehmend, eine Quelle neuen Lebens werden. Wo dieser Prozeß bei den stickstoffreichen Thierstoffen nicht im Boden, sondern an der Luft stattfindet, da entweicht das Ammoniak in die Luft und macht sich durch seinen stechenden unangenehmen Geruch in Ställen, an Düngerstätten ꝛc. kenntlich. Verdünnte Schwefelsäure und Salzsäure, der an Schwefelsäure reiche Eisenvitriol und Gyps ꝛc. und selbst Humus besitzen die Eigenschaft, diesen für die Düngerwirthschaft so wichtigen Stoff zu binden und ihn in Ammoniaksalze zu verwandeln, Vorgänge, welche wir bei der Düngerwirthschaft näher kennen lernen werden.

Eine zweite Reihe von stickstoffhaltigen Verbindungen in für die Pflanze verdaulicher Form entstehen, wenn der Stickstoff zugleich mit Kalk und Kali verwest. Er vereiniget sich dann nicht mit Wasserstoff, sondern mit Sauerstoff, und so entstehen die salpetersauren Salze. Bekannt ist in dieser Hinsicht die Bildung des Kalksalpeters an Mauern von Ställen und überhaupt allenthalben da, wo Urin mit Kalk in Berührung kommt. Endlich findet sich auch noch der Luft Ammoniak beigemengt, so wie sich auch im Wasser und mehreren Bodenarten Stickstoff findet, wie wir im folgenden Abschnitt sehen werden.

Es ist Liebigs Verdienst im aufsteigenden Safte mehrerer Bäume, wie des Ahorn, der Birke u. s. f. Ammoniaksalze in reichlicher Menge nachgewiesen zu haben; er war es auch, der das Dasein von Ammoniak in Luft und Regenwasser darthat. Dagegen ist die Annahme desselben, daß die Pflanzen sich des Ammoniaks direkt aus der Luft bemächtigen könnten, jedenfalls für alle im Boden wurzelnden Pflanzen falsch, denn die Pflanze nimmt den ihr nöthigen Stickstoff nur mittelst der Wurzeln auf. Richtig dagegen ist es, daß der Bedarf an Stickstoff je nach den verschiedenen Pflanzen sehr verschieden ist, denn während z. B. die wildwachsenden Pflanzen sich mit den geringeren Quantitäten von Stickstoff begnügen, die sie im Boden finden oder der ihnen mittelst des Regens zugeführt wird, muß der gleiche Stoff vielen unserer Kulturpflanzen massenhaft zugeführt werden, wenn sie ihre von uns zur Nahrung ver-

Digitized by Google

wendeten stickstoffreichen Samen ꝛc. vollkommen ausbilden sollen. Allerdings würden auch diese Pflanzen sich mit geringeren Quantitäten von Stickstoff begnügen und doch leben können, aber sie zeigen dann ein kümmerliches Wachsthum und ihre Produkte würden nicht einmal die Mühe des Anbaues lohnen, — der sicherste Beweis, daß die Zufuhr des Stickstoffs aus der Luft und den gewöhnlichen Bodenarten nur gering oder bald erschöpft ist.

Endlich schwebt auch noch über die Frage, ob die Pflanze sich den Stickstoff wirklich nur in Form von Ammoniak aneignet, ein gewisses Dunkel, ja die Versuche von Bouchardat und Mulder machen dieß sogar unwahrscheinlich. Wir haben gesehen, daß die Pflanze den Ammoniak in Gasform nicht mit den Blättern aus der Luft einnimmt, wir wissen ferner, daß der flüchtige Ammoniak nur dadurch am sichersten im Boden zurückgehalten wird, wenn er mit dem Humus Verbindungen eingeht oder in Form von Ammoniaksalzen fixirt wird. Nun haben aber Bouchardats Versuche dargethan, daß Ammoniaksalze selbst in 1000 bis 1500facher Lösung wie Gifte auf die Pflanze einwirken, ja es zeigt sogar mit reinem Ammoniak gesättigtes Wasser (die Ammoniakflüssigkeit) eine ähnliche Eigenschaft, und von all den an Ammoniaksalzen reichsten Dungstoffen ist es bekannt, daß sie in unmittelbare Berührung mit den Wurzeln der Pflanzen gebracht, diese zerstören, wie dieß z. B. der Guano in so hohem Grade thut. Da nun aber dennoch alle direkten Erfahrungen dafür sprechen, daß diese Salze dem Boden beigemischt eine sehr wohlthätige Einwirkung auf die Pflanzen zeigen und deren Wachsthum ungemein fördern, so macht dieser Umstand es sehr wahrscheinlich, daß die Ammoniaksalze mit den Bestandtheilen des Bodens erst andere Verbindungen eingehen, bevor sie in die Pflanze übertreten. Nach den Untersuchungen Mulder's und Schulze's verbindet sich das Ammoniak im Boden zunächst mit Kohlensäure zu kohlensaurem Ammoniak. Eben diese Umwandlungen zeigen die Verbindungen desselben zu Salzen, wie die mit Schwefelsäure zum schwefelsauren Ammoniak, die mit Salzsäure zum salzsauren Ammoniak oder Salmiak ꝛc., indem auch diese durch kohlensauren Kalk in kohlensaures Ammoniak umgewandelt werden. Das kohlensaure Ammoniak, kann sich nun aber in dem Boden nicht erhalten, sondern geht Verbindungen mit den Säuren des Bodens ein, in welcher Form es dann in die Pflanze übertreten würde. Es ist dieser sehr wichtige Punkt, die Ernährung der Pflanze betreffend, noch nicht mit Sicherheit festgestellt und vielfache Versuche werden die eine oder andere der beiden Theorien erst noch sicherer begründen müssen. Die praktische Erfahrung spricht im Allgemeinen für die schädliche Wirkung des Stickstoffes in Form von reinem Ammoniak, und macht somit das Uebergehen desselben in andere Verbindungen, bevor es von der Pflanze aufgenommen wird, wenigstens für viele Fälle wahrscheinlich. Dagegen gibt es auch einzelne Fälle, wo das Ammoniak sicher in reiner Form aufgenommen wird, so z. B. mit den Wasserdünsten der Atmosphäre verbunden, durch

Digitized by Google

die Luftwurzeln vieler Pflanzen, eine Erscheinung die wir bei den Funktionen der Wurzeln der Epiphiten noch näher kennen lernen werden. Es dürfte daher diese Frage sehr wahrscheinlich ihre Erledigung dahin finden, daß für die Aufnahme des Stickstoffes in die Pflanze, die Verbindung desselben mit Wasserstoff zum Ammoniak, nur insofern von großer Wichtigkeit ist, als das Ammoniak als basischer Körper sehr leicht Verbindungen mit den Säuren des Bodens eingeht, in welcher Form es dann aus dem Boden gemeiniglich in die Pflanze übergeführt würde. Dagegen gibt es bestimmt auch viele Fälle, wo die Aufnahme des reinen Ammoniaks in Verbindung mit Wasser oder Wasserdämpfen nachgewiesen werden kann. Die oben erwähnten Versuche über die schädliche oder tödtliche Einwirkung der Aufnahme reinen Ammoniaks, können aber insofern für die Allgemeinheit der Fälle durchaus nicht maßgebend sein, da die Pflanzen in Bezug auf ihre Ernährung sich sehr verschieden verhalten, indem der gleiche Stoff, der das Wachsthum der einen Pflanze sehr befördert, für die andere Pflanze ein Gift sein kann. Wir wollen in dieser Beziehung nur an kräftige animalische Dunggüsse erinnern, welche auf das üppige Gedeihen der großen Mehrzahl unserer Kulturpflanzen eine so vortheilhafte Einwirkung zeigen, während sie Pflanzen der Walderde, wie die Heidekräuter ꝛc. tödten. Die Chemie hat bis jetzt zu allen Beobachtungen der Art eben nur Kulturpflanzen zu Grunde gelegt, wenn sich daher erst einmal diese Untersuchungen auch auf andere Pflanzen erstrecken werden, dann dürfte noch manches allen bis jetzt gefundenen widersprechende Resultat aufgedeckt werden.

Abgesehen von der Verbindung in welcher der Stickstoff in die Pflanze übertritt, ist in Bezug auf die Aufnahme der Nahrungsstoffe durch die Wurzel, auch noch die gleiche Frage aufzuwerfen, welche schon bei der Aufnahme der Kohlensäure gestellt wurde, nämlich die: *Nehmen überhaupt die im Boden wurzelnden Pflanzen mit ihren Wurzeln die Nahrungsstoffe nur in Form wässeriger Lösungen, oder auch in Form von luftförmigen Gasen auf?* Die gleiche Frage ist auch für die Stengel- und Blattorgane in umgekehrter Form aufgestellt worden, und die Untersuchungen der Neuzeit haben hier sicher dargethan, daß diese nur luftförmige Stoffe und keine Flüssigkeiten aufnehmen! Der Verfasser ist sowohl nach der Analogie der oberirdischen Organe, so wie nach Gründen, die später noch näher beleuchtet werden sollen, der Ansicht, daß durch die Wurzel die eigentlichen Nahrungsstoffe nur in flüssiger Gestalt, sei es im Wasser aufgelöst oder mit demselben verbunden, in die Pflanze übertreten, wovon nur die niederen Pflanzen, die keine deutlich geschiedene Wurzel- und Stengelbildung besitzen, eine Ausnahme machen dürften.

Die *anorganischen Stoffe* haben wir in Bezug auf ihre Eigenschaften und Löslichkeit schon im vorhergehenden Abschnitt kennen gelernt. In die Pflanze treten sie nur im gelösten Zustande über. Die spezielle Form, in welcher dieß geschieht, werden wir in einem folgenden Abschnitt, bei Betrachtung des Bodens noch näher beleuchten.

Digitized by Google

§ 10. Die Gesetze, unter welchen die Aufnahme der Nahrung stattfindet, oder die Endosmose und Exosmose.

Wir haben im Vorhergehenden gefunden, daß alle Nahrungsstoffe nur in flüssiger Gestalt durch die Wurzel in die Pflanze übertreten können. Die Art und die Gesetze, wie dieß geschieht, sind der Gegenstand vielfacher Untersuchungen gewesen. So nahm man früher an, die Membranen der Zellen seien mit vielen sehr kleinen unsichtbaren Poren versehen, durch welche das Wasser hindurch dränge, eine Ansicht, welche direkte Beobachtung vollständig widerlegt hat. Wir haben die Zellmembran als eine nirgends durchbohrte durchaus geschlossene Haut kennen gelernt, gebildet durch einen aus dem Zelleninhalt erhärteten, anderen festen Pflanzenstoffen, wie z. B. der Stärke verwandten Stoff. Wie die Stärke besitzt der die Zellmembranen bildende Stoff die Fähigkeit Wasser in sich aufzunehmen, ohne durch die Wasseraufnahme verflüssigt zu werden, wie dieß z. B. beim Zucker der Fall ist. Durch diese Eigenschaft wird die Zellmembran für jede nicht zu konzentrirte Flüssigkeit durchdringbar (permeabel), indem sie Wasser von außen aufnimmt und nachdem sie dieses abgegeben, wieder neues aufnehmen kann. Diese Eigenschaft der Zellmembran genügt nun aber für sich allein durchaus nicht, das Uebertreten der Flüssigkeit von Außen in das Innere des Pflanzenkörpers zu erklären, es muß da noch eine andere anziehende Kraft mitwirken, eine Kraft, welche Dutrochet in dem Verhalten von zweierlei Flüssigkeiten von verschiedener Sättigung und Zusammensetzung zu einander auffand, und die seitdem den Namen Endosmose, oder Prozeß des Einströmens erhalten hat.

Bringt man nämlich zweierlei Flüssigkeiten in das gleiche Gefäß, wie z. B. unten in dasselbe eine gesättigte Gummilösung und oben darüber Wasser, so sollte man erwarten, die schwerere gesättigte Lösung würde unten im Gefäße bleiben und das leichtere Wasser fortwährend oben auf schwimmen. Dem ist aber nicht so, denn bald beginnt die dickere Gummilösung das reine Wasser an sich zu ziehen und sich mit demselben zu vermischen, und dieser Vorgang dauert ununterbrochen so lange fort, bis beide Flüssigkeiten das gleiche Mischungsverhältniß zeigen. Durchaus gleich verhält sich dieses Einströmen der dünneren Flüssigkeit in dichtere, wenn man beide Flüssigkeiten durch eine thierische oder vegetabilische Membran, wie z. B. durch die der Blasenschote trennt. Daß dieses Eindringen der dünneren Flüssigkeit in die dichtere mit einer gewissen Kraft geschieht, davon kann der folgende Versuch sehr leicht überzeugen. Man nehme eine Glasröhre, schließe diese unten mit einer Haut der Blasenschote und fülle sie zum Theil mit einer dickeren Zucker- oder Gummilösung. Diese Röhre tauche man dann mit ihrem untern Ende in ein mit reinem Wasser gefülltes Gefäß und befestige sie in dieser Stellung. Das Wasser aus dem Gefäß wird nun in die dichtere Flüssigkeit der Röhre eindringen und dadurch die in der Röhre befindliche Lösung anfänglich immer höher über das Niveau des Wassers des Gefäßes emportreiben. Würde dieses Einströmen des Wassers nicht mit

Digitized by Google

einer bestimmten Kraft stattfinden, so hätte im Gegentheil die Lösung der in der Röhre befindlichen Flüssigkeit bis zum Niveau des Wassers herabsinken müssen. Die Anziehungskraft der gesättigteren Flüssigkeit ist nun nach dem Grad ihrer Sättigung im Verhältniß zu der der einströmenden dünneren Flüssigkeit, ferner aber auch je nach den darin gelösten Stoffen verschieden und kann bis zu einer sehr bedeutenden Kraft ansteigen. So zeigen stickstoffhaltige Stoffe eine größere Anziehungskraft als stickstofffreie, und unter den Letzteren z. B. Zucker eine noch einmal so starke Anziehungskraft als Gummi.

Da nun die die Aufnahme der Nahrungsstoffe aus dem Boden vermittelnden Wurzeln in ihrem Innern eine dichtere mit Zucker, Dextrin und stickstoffhaltigen Substanzen vermischte Flüssigkeit enthalten, so ist es begreiflich, daß die Feuchtigkeit des Bodens, welche eine dünne Salzlösung darstellt, in das Innere der Pflanze lediglich durch das Gesetz der Endosmose eintreten muß. Auch unter dem Mikroskop kann man sich von diesen Vorgängen überzeugen, denn legt man z. B. einzelne Zellen oder Zellpartieen unter demselben in Wasser, so wird man diese bald aufschwellen sehen, wie dieß z. B. die Pollenkörner thun. Umgekehrt werden dieselben in starke Zuckerlösung gelegt, noch von ihrem Zellinhalt an letztere abgeben und zusammensinken.

Werden endlich dichtere Flüssigkeiten in eine vegetabilische Haut eingeschlossen in Wasser gelegt, so wird sich bald der Inhalt der eingeschlossenen Flüssigkeit und der der umgebenden eben so vollständig ausgleichen, wie wenn die Haut gar nicht zugegen wäre. Hiebei findet also nicht bloß ein Einströmen, sondern auch ein gleichzeitiges Ausströmen von Flüssigkeit statt. Man hat dieses Ausströmen Exosmose genannt, und fälschlich aus diesem Vorgange auf sehr bedeutende Ausscheidungen der Pflanzenwurzeln durch Exosmose geschlossen, wie wir dieß bei der Stoffabgabe kennen lernen werden. Hier nur so viel, daß die Exosmose der Wurzeln jedenfalls sehr unbedeutend ist, indem sich die Pflanze ähnlich, wie das vorhergegebene Beispiel einer in Wasser getauchten mit dickerer Flüssigkeit erfüllten Röhre verhält, wo die dünnere Nahrungsflüssigkeit nur einströmt und dafür die Säftemasse in der Pflanze emportreibt.

§ 11. Wasser, Luft, Boden in ihrer Beziehung zur Ernährung der Pflanze.

a. Das Wasser.

Das Wasser deckt drei Viertheile der Oberfläche unserer Erde. Es steigt in Dunstform in die Luft empor, bildet da die Wolken, und fällt als Regen, Schnee und Thau wieder zur Erde herab.

Bei der Betrachtung des Wasserstoffes haben wir die Zusammensetzung des Wassers kennen gelernt; wir haben ferner gesehen, wie dasselbe in die Pflanze übertretend, von dieser in seine Grundstoffe zerlegt

Digitized by Google

und zu andern Verbindungen benutzt werden kann; wir haben es ferner als den Träger aller Nahrungsstoffe für die Pflanze kennen gelernt, indem diese nur in gelöster Form oder mit dem Wasser verbunden in die Pflanze übertreten können, und wir haben endlich gesehen, daß durch die Dünnflüssigkeit desselben in seinem Verhältniß zum Zelleninhalt, die Aufnahme der rohen Nahrungsstoffe durch das Gesetz der Endosmose bedingt wird. Die Summe dieser Eigenschaften stempelt das Wasser zu dem das Pflanzenleben weckenden Element. Es verwandelt die dürre Wüste zur blumenreichen Steppe, sowie umgekehrt unter dem Mangel desselben fruchtbare Landstrecken zur Wüste werden. Nicht die Unfruchtbarkeit des Bodens ist es, welcher die mächtigen Sandwüsten Afrikas, Perus und anderer Länder bedingt, sondern der Mangel an Wasser. Wo ein Bach, eine Quelle befindlich, da findet man selbst in diesen traurigen Einöden Pflanzen und oft sogar eine üppige Oasenvegetation. Von den Sandwüsten Perus erzählt Seemann, daß sie sich, wenn einmal Regengüsse nach langer Zeit in denselben fallen, wie mit Zauberschlage mit Vegetation decken, wodurch diese sonst so sterilen Sandwüsten für kurze Zeit ein freundlicheres Bild gewähren. Während bei uns Mangel an Wärme im Winter die Natur ihres Pflanzenschmuckes beraubt, tritt unter der tropischen Sonne die gleiche Erscheinung unter Mangel an Wasser im dortigen Sommer auf. Die Bäume mit hinfälligem Laube, werfen ihre Blätter und erst wenn die ersten Vorboten der Regenzeit, einzelne Regengüsse fallen, zieht die Pflanzenwelt wieder ihr dem Auge so wohlthuendes grünes Gewand an, wie bei uns im Frühling.

In unserem Klima treten diese Erscheinungen zwar nicht in so grellem Kontraste auf, aber doch bringt auch unser Sommer oft lang andauerndes trockenes Wetter, daß die Sträucher und Bäume schmachten, die Wiesen vergelben, bis ein Regenguß neues Leben über die Gefilde ergießt.

Wie wichtig das Wasser für alle Lebenserscheinungen im Pflanzenreiche ist, geht ferner daraus hervor, daß die Pflanze ihre Nahrungsstoffe nur hundert bis tausend Mal verdünnt im Wasser aufnimmt. Die Nahrungsstoffe bleiben in der Pflanze zurück, der größte Theil des aufgenommenen Wassers wird aber von den Blättern wieder verdunstet. Diese Verdunstung ist so bedeutend, daß sie bis auf das sechsfache die Verdunstung einer gewöhnlichen Wasserfläche überschreiten kann. Wir werden die Verdunstung des Wassers bei der Abgabe von Stoffen näher kennen lernen. Hier nur einige Beispiele in Bezug auf den Einfluß der Pflanzenwelt durch Abgabe von Wasser auf klimatische Verhältnisse.

Nach den Versuchen von Hales und Schübler verbrauchen die Pflanzen bedeutend mehr Wasser als durch den Regen herabfällt. So dunstet eine Sonnenblume täglich $1^1/_4$ Pfund Wasser aus. Für eine Sonnenblume einen Raum von 4 Quadratfuß angenommen, würde ein mit Sonnenblumen besetzter Morgen Landes, während der vier Sommermonate ungefähr $1^1/_2$ Millionen Pfund Wasser verdunsten. Nimmt

Digitized by Google

man nun als Verdunstung der zwischen den Sonnenblumen wachsenden Pflanzen eben so viel an, so steigert sich dieser Wasserverbrauch auf 3 Millionen Pfund. Aehnliche Berechnungen haben für Wiesen und Getreidefelder eine jährliche Abdunstung von 5 bis 6 Millionen Pfund Wasser per Morgen ergeben. Nun haben aber fernere Berechnungen gezeigt, daß in unserem Klima jährlich nur ungefähr $1^1/_2$ Millionen Pfund Wasser durch den Regen per Morgen herabfallen. Von diesem Regenwasser kommt nun aber nur ein kleiner Theil den Pflanzen zu, bei weitem der größte Theil verläuft in Bächen und Flüssen dem Meere zu. Wenn nun die von der Pflanze aufgenommene und abgegebene Wassermenge nicht aus dem Regenwasser hergeleitet werden kann, so fragt es sich, woher nimmt sie dieselbe denn sonst? Hierauf können wir erwidern, daß die Pflanze einerseits durch den Thau und die Fähigkeit des Kulturbodens, aus der Luft die in Dunstform schwebenden Wassertheile an sich zu ziehen, allerdings bedeutend mehr Wasser empfängt, als durch Regen und Schnee; daß andrerseits aber jene oben mitgetheilten Berechnungen insofern unrichtig sein dürften, als die Verdunstung bei Sonnenschein oder wenigstens trockener Luft zu Grunde gelegt ist, während doch die Menge des durch die Verdunstung abgegebenen Wassers bei trübem feuchtem Wetter viel geringer und bei Regenwetter fast Null ist. Wenden wir diese Verhältnisse, die wir später noch näher kennen lernen werden, auf die obige Berechnung an, so dürfte uns durchschnittlich eine Wassermenge von ungefähr zwei Millionen Pfund bleiben, welche ein Morgen Wiesen, Getreide ꝛc. an die Atmosphäre abgibt.

Durch diese Vorgänge spielt die Pflanzenwelt eine nicht unbedeutende Rolle in Bezug auf Witterungs- und klimatische Verhältnisse. Die ersteren sind meist sehr örtlicher Natur und stehen in steter Wechselwirkung mit den lokalen Verhältnissen ganzer Länderstrecken. Wo wenig Wasser verdunstet, kann sich die Atmosphäre auch nicht mit Wasserdünsten füllen und können diese wiederum nicht als Regen, Schnee, Thau herabfallen. Wo dagegen durch Vermittlung einer üppigen Pflanzendecke täglich so bedeutende Quantitäten Wasser in die Atmosphäre entweichen, werden auch diese in der einen oder andern Form wieder herabfallen und der Pflanzenwelt zu gute kommen. Das ist eben das Große in der ganzen Natur, daß nichts ihr verloren geht, sondern was sich in einer Form auflöst oder verflüchtiget, wiederum in anderer Form fixirt wird und Stoff zu neuem Leben abgibt.

Wie örtlich gerade in dieser Beziehung Witterungsverhältnisse sein können und wie sehr sie durch die Vegetation bedingt werden, davon liefert uns die alte und neue Zeit viele warnende Beispiele. So ist die früher blühende Alpenwirthschaft der höheren Gebirge der Vendee in Frankreich durch unverständiges Abholzen der Waldungen fast gänzlich vernichtet worden, indem dadurch einerseits Lawinen und Steinriesen der Weg bis in die tieferen Thäler eröffnet wurde, während andrerseits die nun kahlen Gebirgsmassen nur noch wenig Wasser verdunsten, also auch

Digitized by Google

wenige wässerige Niederschläge jetzt noch besitzen, die höher oben entspringenden Bäche sind größtentheils versiegt, blühende Thäler sind mit kahlem Geröll überführt und keine Aussicht ist mehr da, das wieder gut zu machen, was frühere Jahrhunderte verwüstet. Deutschland und die Schweiz können sich daran ein warnendes Beispiel nehmen, um noch, so lange es Zeit ist, der Verheerung ihrer Gebirgswaldungen ein Ziel zu stecken. — Andere noch viel großartigere Beispiele des Verfalles der Kultur ganzer Länder liefern der Orient und Peru. Der Orient, die Wiege der Menschheit, von wo die Kultur sich über den Erdball verbreitete, gehörte zu den herrlichsten und fruchtbarsten Ländern, ohne andere Bodenverhältnisse wie jetzt zu besitzen. Mächtige Wasserleitungen verbreiteten aber die Gewässer des Euphrat und Tigris über das ganze Land, gaben diesem Leben und Vegetation, und durch den Einfluß der Vegetation Regen und Fruchtbarkeit. Jetzt sind da, wo Babylon und Ninive, die größten Städte des Alterthums standen, sterile Sandwüsten, die Wasserleitungen, die herrliche Vegetation sind verschwunden und das einst üppige Land hat ein trockenes steriles Klima, mächtige unfruchtbare Steppen und Wüsten. Neueren Datums noch ist die Umwandlung der üppigen Fluren Perus in dürre Steppen und regenlose Wüsten, seitdem ein Kulturvolk Europas, die Spanier, die mächtigen Wasserleitungen jenes Landes, welche das Wasser aus sehr bedeutenden Entfernungen aus den Gebirgen in die Ebenen leitete, zur Zeit der Eroberung jenes Landes erbarmungslos zerstörte.

Unter Beobachtung dieser Erscheinungen hat der Mensch ein Mittel an der Hand, selbst auf die Witterungsverhältnisse zurückzuwirken. So ist es z. B. sehr wahrscheinlich, daß das Innere Neuhollands, gegenwärtig wegen vollständigem Wassermangel nicht bewohnbar, in dieser Hinsicht einst für die Kultur günstigere Verhältnisse zeigen wird. Wenn nämlich einmal erst die Kultur von den bebauten Meeres- und Flussesufern allmälig gegen das Innere fortgeschritten sein wird, wenn jetzt sie die mit dürrem Gestrüpp besetzten Ebenen in noch größerem Maaßstab als das bereits geschehen, zu üppigen Getreidefeldern und Wiesenflächen umgeschaffen haben wird, so müssen auch dort sich jene dem Pflanzenwuchs so wohlthätigen Wechselwirkungen zwischen Niederschlägen aus der Atmosphäre und Verdunstung zeigen. Wie wenig diese Vermuthung aus der Luft gegriffen, das zeigen die Veränderungen, die man gegenwärtig schon im südlichen Neuholland, durch Einfluß der Kultur auf die Regenmenge beobachtet hat. Auch die Steppenländer des südlichen Rußlands hofft man auf diese Weise mit der Zeit in fruchtbare Landstriche umzubilden, und ist erst kürzlich ein Werk erschienen, welches diese Verhältnisse näher bespricht.

Eben diese Erscheinungen sind es endlich auch, welche auf das Klima selbst zurückwirken. Wo Verdunstung von Wasser stattfindet, da wird latente Wärme gebunden, und eben diese Erscheinung tritt auch auf, wo dunstförmiges Wasser sich zu Wasser verdichtet. Darum überall wo Pflanzenwuchs die Erde bekleidet, jene selbst bei heißem

Digitized by Google

Sonnenschein angenehme Kühlung, und hinwiederum jene unerträgliche trockene Wärme in Sandsteppen.

Wir müssen uns mit diesen Andeutungen begnügen und wenden uns zur Betrachtung des Wassers selbst, da es für die Kultur gar nicht gleichgültig ist, was für ein Wasser man zum Begießen der Pflanzen verwendet.

Das Quellwasser ist im Allgemeinen für die Pflanzenkultur am wenigsten geeignet, denn es enthält keine zersetzten vegetabilischen und animalischen Bestandtheile. Die Beschaffenheit desselben richtet sich ganz nach der Natur der Gesteine und des Erdreiches, das es durchdrungen, bevor es zu Tage tritt. Aus hartem unverwittertem Gestein entspringendes Wasser ist oft sehr rein, was man gemeiniglich durch weich bezeichnet. Dagegen ist durch verwittertes Gestein und Bodenarten gehendes Wasser reich an mineralischen gelösten Stoffen. In besonders hohem Grade kommt Kalk im Quellwasser vor, und macht darum das Wasser mancher Gegenden zur Kultur gewisser Pflanzen untauglich. Sehr zu beachten ist deßhalb, daß durch Zusatz von Pottasche, durch Kochen oder Stehenlassen an der Luft, der Kalk ausscheidet und das Wasser weich wird. — Bekannt ist es in dieser Beziehung, daß auf alle, der auf Sanduntergrund gebildeten Humusschichten wachsenden Pflanzen, ein an gelöstem Kalk reiches Wasser, einen entschieden schädlichen Einfluß besitzt. So erinnere ich mich noch recht gut, daß dieß z. B. in Göttingen der Grund war, weßhalb Heidekräuter und die zarteren Sträucher Neuhollands nie mit Freudigkeit gedeihen wollten. Eine noch schädlichere Einwirkung zeigt Kalkwasser auf das Gedeihen vieler nur in kalkfreiem Wasser vorkommender Sumpf- und Wasserpflanzen. Dieß macht z. B. die Kultur der Fliegenfängerpflanze, der Dionæa muscipula, der amerikanischen Schlauchpflanzen, (der Sarracenia-Arten) so schwierig, und nur wo man zuvor gekochtes, oder auf anderem Wege vollständig kalkfrei gemachtes Wasser für sie und ähnliche Pflanzen verwendet, wird man günstige Resultate haben. Aus ähnlichen Ursachen scheiterte ferner die Kultur der königlichen Wasserrose (Victoria regia) an manchen Orten.

Weiches Quellwasser ist zur Kultur aller Pflanzen geeignet, wenn man der Pflanze durch die Bodenmischung die zu ihrem Gedeihen nothwendigen Nahrungsstoffe bietet, dagegen enthält es durchaus keine die Pflanze nährende Bestandtheile aufgelöst. Hartes, mit aufgelösten Mineralien geschwängertes Quellwasser wird dagegen je nach der Natur der Lösung und der Pflanzen, zu denen es verwendet wird, bald einen schädlichen, bald einen günstigen Einfluß auf das Pflanzenleben zeigen.

Ueber an Kohlensäure besonders reiches Quellwasser hat Unger eine Reihe von Beobachtungen gemacht. Er gelangt dabei zu dem Schlusse, daß die freie in Quellen vorkommende Kohlensäure im Allgemeinen keinen Einfluß auf die Förderung der Vegetation ausübt, daß sie aber im Speziellen das Vorkommen gewisser Pflanzen zu bedingen scheint.

Das Flußwasser ist ungemein wichtig für die Vegetation. Je

Digitized by Google

länger der Lauf desselben, je mehr enthält es vegetabische Stoffe in sich aufgelöst, an stickstoffhaltigen Bestandtheilen ist es aber arm. Weniger reich ist es an gelösten mineralischen Stoffen, wie namentlich an Kalk. Dieser letztere schlägt sich nämlich fortwährend aus dem mit der Luft in Berührung kommenden Wasser nieder. Es ist daher einleuchtend, daß Flußwasser viele eigentliche Nährstoffe für die Pflanze enthält, während es andrerseits an solchen, die einem Theil der Pflanzen unserer Gärten und Gewächshäuser nachträglich, ärmer ist. Wo es deshalb die Gelegenheit gestattet, benutze man in Gärten und Gewächshäusern Flußwasser, und zwar wo möglich solches, welches seiner Quelle nicht nahe ist, zum Begießen der Pflanzen. Wo solches fehlt, helfe man dem Uebelstand durch Anlegung kleiner Teiche ab, in welchen das Wasser längere Zeit der Einwirkung der Luft ausgesetzt ist, bevor es verwendet wird. Auch schon das Aufbewahren des Wassers in größeren oder kleineren Kübeln, wo kalkigem Wasser von Zeit zu Zeit Pottasche oder Asche zugesetzt wird, wirkt sehr vortheilhaft auf das zum Begießen der empfindlicheren zarteren Kalthauspflanzen bestimmte Wasser ein. Das Stehenlassen des Wassers an der Luft, bevor es zum Begießen der Pflanzen verwendet wird, ist bei jedem Wasser vortheilhaft, die in demselben enthaltenen vegetabilischen Theile werden dadurch noch besser aufgelöst und gleichsam zur unmittelbaren Aufnahme durch die Wurzel präparirt.

Wir haben vorher schon den außerordentlichen Einfluß kennen gelernt, den die richtige Benutzung des Flußwassers für die Kultur großer Länderstrecken erhalten kann, wenn es durch Bewässerungsanlagen für die Pflanzen nutzbar gemacht wird. Sehr interessant sind in dieser Hinsicht die kürzlich von Schultz veröffentlichten Angaben über die Nährkraft des Wassers unserer Flüsse. Nach ihm enthält Fluß- und Bodenwasser in größeren oder kleineren Quantum Humusextrakt, sauern humussauren Kalk und Ammoniak, Quellsäure, Geinsäure. Der Gehalt an solchen humösen und extraktivstoffigen Bestandtheilen ist oft so bedeutend, daß das Wasser mancher Flüsse gelb, gelbbraun, ja oft fast schwärzlich gefärbt ist. Nach speziellen Untersuchungen enthält das Spreewasser bei Berlin in 4 Pfund Wasser 4 Gran festen Rückstand, der aus 3 Gran Salzen und 1 Gran Humusextrakt besteht, also in 1 Pfund Wasser $^1/_4$ Gran Humusextrakt. Reicher ist das Elbewasser bei Magdeburg, welches in 1 Pfund Wasser $1^1/_2$ Gran Humusextrakt gelöst enthält. Eine Berechnung in Bezug auf die Wassermasse, welche die Elbe täglich bei Magdeburg vorüberwälzt, zeigte, daß dort mit dem Wasser täglich ungefähr 1800 Centner Humustheile vorübergeführt und ungenützt dem Meere zugeführt werden. Nach ferneren Berechnungen enthält das Wasser der Ilse im Harz $^1/_2$ Gran, das der Ecker und Elster ebendaselbst $2^1/_2$ Gran und das des Rheines bei Basel $^1/_2$ Gran. Durchschnittlich kann man daher annehmen, daß das Flußwasser in 1 Pfund Wasser ungefähr $^1/_2$ Gran Humusextrakt enthalten möge, und auf diese Annahme gestützt berechnet Schultz, daß der Rhein bei Basel täglich

Digitized by Google

43,000 und der Mississippi in Amerika zur Regenzeit täglich mehr als zwei Millionen Centner Humustheile dem Meere zuführen.

Das Sumpfwasser enthält organische Stoffe, wie Humussäure ꝛc., und oft auch gelöstes Eisen. Läßt man dasselbe an der Luft stehen, so setzt es diese in reichlicher Menge in ihm enthaltenen Stoffe in Form eines braunen Schlammes ab.

Meerwasser ist reich an Salzen. Es liefert den Sodapflanzen und Strandpflanzen das Natron und es scheint ferner das Vorkommen einzelner Pflanzenarten an die Nähe des Meerwassers gebunden zu sein. So ist es z. B. von der Cocospalme bekannt, daß sie nur längs der Meeresufer der Tropenländer ein gesundes üppiges Gedeihen zeigt und nur selten im Innern des Landes fortkommt. Sie gehört daher zu den wenigen Palmen, welche alle Versuche, sie zu großen üppigen Exemplaren in unseren Gewächshäusern zu erziehen, bis jetzt vereitelte, wahrscheinlich, weil wir ihr wohl in der Kultur salziges Wasser, nicht aber die mit Saltheilen geschwängerte Atmosphäre der Küstengegenden geben können.

Die Verdunstung des Meereswassers bedingt ferner auch salzige Beimischung, welche unsere Atmosphäre überhaupt in freilich sehr geringem Grade besitzt.

Das Regenwasser ist ein durchaus weiches von jeder mineralischen Beimischung reines Wasser. Beigemischt als Nahrungsstoffe sind ihm solche Stoffe, welche wir in Gasform bei der Verwesung, Verbrennung ꝛc. in die Luft entweichen sahen, wie Kohlensäure und Stickstoff in Form von Ammoniak und Salpetersäure.

Nach Barrals Untersuchungen, welche Boussingault bestätiget, enthält es, je nach den verschiedenen Jahreszeiten, 1 bis 2 bis 5 Prozent Salpetersäure und 1 Prozent Ammoniak.

Zur Zeit der Gewitter nimmt die Salpetersäure zu und die Ammoniakmenge ab, dagegen überwiegt im Februar, März, April und Juni der Gehalt an Ammoniak. Auch Chlor und Jod werden im Regenwasser nachgewiesen, Chlor das ganze Jahr in geringer Menge, Jod nur im Monat Juni.

Salpetersäure und Ammoniak haben wir als verschiedene Formen des Stickstoffes kennen gelernt und man sieht daraus, wie beträchtlich die Nährkraft des Regenwassers ist, und daß der Gehalt desselben an Stickstoff vollständig genügt, um die Stickstoffbildung der meisten wild wachsenden Pflanzen zu erklären. Wie wir bemerkten, ist der Ammoniakgehalt aus den in die Atmosphäre entweichenden Ammoniakdämpfen zu erklären, welche das herabfallende Regenwasser begierig einsaugt, um sich mit denselben zu verbinden. Der Gehalt an Salpetersäure dürfte jedoch eine andere Erklärung zulassen, indem dieselbe höchst wahrscheinlich unterm Einfluß der Luftelektrizität aus dem in der Luft in so reichlicher Menge enthaltenen Stickstoff und Sauerstoff sich direkt bildet; deßhalb sind auch gerade die bei Entladungen der Luftelektrizität herabfallenden Regengüsse, die Gewitterregen, an Salpetersäure so reich. Hieraus er-

Digitized by Google

klärt sich auch die außerordentlich befruchtende Kraft von Gewitterregen, die oft wie mit Zauberschlag das Pflanzenleben zu außerordentlicher Höhe der Thätigkeit steigern kann.

Aus diesen Gründen ist es von hoher Wichtigkeit für die Gartenkultur, das Regenwasser nicht ungenützt fortlaufen zu lassen, sondern es in Cisternen und Fässern zum Begießen der Pflanzen, als das durchschnittlich den Pflanzen wohlthätigste Wasser zu reserviren. Wo vollends in einem Garten nur hartes Quellwasser oder schlechtes der Quelle nahes Wasser aus Bächen und Gräben zur Disposition steht, da wird es zur unabweisbaren Nothwendigkeit, in dieser Richtung umfassendere Einrichtungen zu treffen, so man Freude an den zarteren Zöglingen der Gewächshäuser erleben will.

Die Pflanzen des sterilen Flugsandes, die auf den Bäumen lebenden Epiphyten und endlich eine große Menge der niedrigern Gewächse ohne Wurzeln, sind oft fast nur auf die Ernährung durch das Regenwasser und den mit demselben herabfallenden Nährstoffen angewiesen, worauf wir später noch spezieller eintreten werden.

b. Die Luft.

Die Luft umhüllt unsere Erde mit einem Dunstkreis, den die Berechnung auf ungefähr zehn Meilen Breite festgestellt hat. Dieselbe wird ihrer Hauptmasse nach aus $^1/_5$ Sauerstoff und $^4/_5$ Stickstoff gebildet. Beigemischt sind derselben Wasserdunst, Kohlensäure, Staub, Ammoniak, Salpetersäure und Kochsalz, die letzteren drei aber nur in sehr kleinen Quantitäten.

Die Luft ist für das Pflanzenleben eben so unentbehrlich, wie das Wasser, ohne Luft kann keine Pflanze leben. Pflanzen unter Glocken gebracht und hier mittelst Auspumpens der Luft beraubt, sterben sofort ab.

Den Einfluß der Luft je nach der verschiedenartigen Beimischung von Wasserdampf ꝛc., werden wir bei den äußeren Einflüssen kennen lernen, hier nur das Allgemeinste, mit der Ernährung in unmittelbaren Zusammenhange stehende.

Den Stickstoffgehalt der Luft haben wir schon früher für sich allein und nicht als Träger anderer Stoffe betrachtet, als unwesentlich für das Pflanzenleben erkannt. Der Sauerstoff der Luft ist es, welcher alle die sogenannten chemischen Prozesse einleitet, Prozesse, welche sowohl bei absterbenden verwesenden Pflanzentheilen, wie bei lebenden Pflanzen vorkommen. Wir haben diese Vorgänge, so weit es hier nothwendig, schon bei Betrachtung des Sauerstoffes kennen gelernt, und werden sie in ihren Beziehungen zur Bodenbildung, zum Keimen, zu den Funktionen der Blätter später noch zu besprechen Gelegenheit haben.

Wenn wir somit die Luft in Bezug auf ihre Zusammensetzung mehr nur als Erhalter des Pflanzenlebens oder als rein chemische Veränderungen einleitend kennen lernten, so ist sie andrerseits als Träger eigentlicher Pflanzennahrstoffe, wie der Kohlensäure, des Ammoniaks, der Salpetersäure ꝛc. auch für die Pflanzenernährung unendlich wichtig.

Digitized by Google

Wir haben gesehen, wie diese Stoffe theils mit dem Wasser herabkommend in die Pflanze übergehen, wie sie anderntheils durch Stoffwechsel im Pflanzenkörper fixirt werden, werden wir später besprechen.

Es gibt eine große Menge von Pflanzen, welche lediglich auf diese Weise durch die in der Luft schwebenden Nahrungsstoffe leben und wachsen können. Dazu gehören alle jene Pflanzen welche der Wurzelbildung entbehrend, sich nur an andern Pflanzen u. s. f. befestigen, wie die Mehrzahl der Flechten, viele Moose u. s. f. Diese nehmen mit ihrer ganzen Oberfläche die Wasserdünste der Luft oder das mit Nahrungsstoffen geschwängerte Regenwasser auf. Aehnlich verhält sich aber auch ein Theil der mit eigenthümlich organisirten Luftwurzeln ausgerüsteten epiphytischen Orchideen ꝛc.

Wie bedeutend die Masse von Nahrungsstoffen ist, welche die Pflanzen theils direkt, theils indirekt aus der Luft aufnehmen, das hat Bousfingault durch großartige langjährige Versuche am deutlichsten nachgewiesen. Auf vier Hektaren Land (ein Hektare ungefähr vier Morgen), ward der Dünger, der jährlich aufgefahren wurde, und ebenso das ganze jährliche Ergebniß der Ernte genau gewogen und von Letzterem durch chemische Analyse der Ertrag an Kohlenstoff, Sauerstoff, Wasserstoff, Stickstoff und Aschenbestandtheilen bestimmt. Bei diesen Versuchen ergab sich das überraschende Resultat, daß von einer Hektare Land, die mit 2793 Kilogramm Kohlenstoff gedüngt wurde, 8383 Kilogramm Kohlenstoff geerntet ward; auf ähnliche Weise ergab die Düngung mit 157 Kilogramm Stickstoff eine Ernte von 251 Kilogramm desselben. In andern Fällen war das Resultat noch günstiger, und durchschnittlich erhielt derselbe bei seinen Versuchen mit der Ernte zweimal so viel Stickstoff, dreimal so viel Kohlenstoff und viermal so viel Sauerstoff als mit dem Dünger aufs Land gebracht wurde, ohne daß das Land erschöpft ward.

Wenn Herr Bousfingault diesen Mehrertrag auf Rechnung der aus der atmosphärischen Luft aufgenommenen Nahrungsstoffe setzt, so hat er damit allerdings für den größten Theil jenes Mehrertrags recht; ein Theil derselben kommt aber auch auf Rechnung des aus der Tiefe aufsteigenden Grundwassers.

In noch höherem Grade wie auf unseren Kulturfeldern, denen wir doch immer einen Theil der mit der Ernte genommenen Bestandtheile zurückgeben, fällt die Masse der durch die Luft der Pflanze zukommenden Nahrungsstoffe, in unseren Waldungen, auf unseren Bergen u. s. f. auf, wo die Bodenprodukte immer nur genommen und nicht wieder ersetzt werden, und wo sich dennoch oft noch tiefe Humusschichten auf der Oberfläche bilden. Gestützt auf diese Thatsachen ward in neuester Zeit von Herrn Ville behauptet, die Pflanze vermöge sich auch des reinen Stickstoffs der Luft zu bemächtigen. Es seien mithin in unsern Düngerarten nicht Ammoniak und andere Formen des Stickstoffs, welche dessen kräftige Einwirkung der Vegetation bedingten, sondern dessen Gehalt an Phosphorsäure ꝛc. Saussure hat um diese Ansichten zu widerlegen nun

Digitized by Google

aufs Neue eine ganze Reihe schöner Versuche unter Glocken angestellt, wobei es sich ergab, daß sich jene Pflanzen gar keinen Stickstoff aus der Luft angeeignet hatten und schon geringe Mengen von Stickstoff, welche mit faulenden Lupinensamen in den Boden kamen, Veranlassung zu einer viel lebhafteren Vegetation wurden.

In Bezug auf die in der Luft enthaltenen Wasserdünste wollen wir hier nur bemerken, daß dieselben in gewissem Grade fürs Pflanzenleben sehr nothwendig. In absolut trockner Luft kann keine Pflanze gedeihen. In sehr trockner Luft können nur wenige Pflanzen zeitweis gedeihen, zu diesen gehören z. B. die Saftpflanzen, die Cactus ꝛc., die durch eine dicke, mit nur sehr kleinen Spaltöffnungen versehene Oberhaut geschützt sind. Hohe Feuchtigkeitsgrade der Luft erzeugen üppiges Wachsthum, sagen aber auch nur gewissen Pflanzen auf die Dauer zu.

c. Der Boden.

Wir kommen hier zu einem weitschichtigen, für Gartenbau und Landwirthschaft unendlich wichtigen Kapitel, welches für sich allein den Gegenstand der Untersuchung für ganze Werke bildet. Wir können jedoch die Eigenschaften des Bodens hier nur insoweit betrachten, als dieß nothwendig ist, um die speziellen Vorgänge kennen zu lernen, unter denen der Boden selbst erzeugt und unter welchen die rohen Nahrungsstoffe im Boden gebildet und von der Pflanze aufgenommen werden. In Bezug auf die Mischungsverhältnisse des Bodens, der für den Gartenbau wichtigsten Bodenarten, der Bodenverbesserungen, können wir hier nur auf das Allgemeine eintreten und müssen die speziellen Verhältnisse auf spätere Gelegenheit versparen.

Bei Betrachtung des Wassers sahen wir bereits, daß es dieses ist, welches die Bestandtheile des Bodens in sich auflösend oder gebildete flüchtige Stoffe in sich aufnehmend, diese in die Pflanze überführt, und daß für alle höheren im Boden wurzelnden Pflanzen dieß die einzige Art der Ernährung durch die Wurzel ist. Hieraus geht zur Genüge die hohe Wichtigkeit der Mischungsverhältnisse des Bodens für die Kultur der verschiedenartigen Pflanzen hervor, da es der Boden ist, der zunächst der Pflanze die für sie geeignete Nahrung zuführen soll. Die Abhängigkeit des Gedeihens der Pflanze von den Bestandtheilen des Bodens bedingt in der freien Natur, außer klimatischen Einflüssen die verschiedenartige Vertheilung der Pflanzen, oder es siedeln sich mit anderen Worten im Freien nur da die Pflanzen an, wo die Bodenverhältnisse zu ihrem Fortkommen geeignet sind. Im Garten dagegen vereinigen wir auf kleinem Raume die verschiedenartigsten Pflanzen, und wenn wir sie hier alle in die gleiche Bodenmischung pflanzen, so werden eben nur diejenigen freudig weiter wachsen, denen damit auch alle zu ihrem Leben nöthigen Bestandtheile geboten sind, alle andern aber, wo dieß nicht der Fall ist, werden kränkeln oder bald ganz absterben. Für die Pflanzen ist Boden und Wasser das Gleiche wie für die Thiere die Auswahl der Nahrungsmittel, je nach ihrer verschiedenartigen Lebensweise.

Digitized by Google

Wir wenden uns nun zur spezielleren Betrachtung des Bodens, je nach der Entstehung des Kulturbodens überhaupt, je nach den allgemeinen Eigenschaften, welche jeder Kulturboden besitzen muß, je nach der Einbringung der fehlenden Stoffe und endlich je nach den besonderen Eigenschaften der Pflanzen in Bezug auf den Boden.

1. Entstehung des Kulturbodens überhaupt.

Versetzen wir uns zurück in jene Urperiode unseres Planeten, wo noch alles im Werden begriffen war, wo noch keine Pflanze den Erdball bekleidete, noch kein Thier denselben belebte, so macht uns die Erscheinung der Denkmäler, welche uns jene seit Millionen von Jahren entschwundene Zeit, in den Felsen unserer Gebirge so wie in den erst später entstandenen Steinschichten, mit ihren Abdrücken von Pflanzen und Thieren zurückgelassen hat, und endlich auch die Beobachtung der Vorgänge der Jetztwelt, ungefähr das folgende Bild wahrscheinlich.

Die noch kaum an der Oberfläche erstarrten Gluthmassen sind von dichter Nebelatmosphäre umgeben und zum größten Theil mit dem aus dieser niedergeschlagenen Wasser gedeckt. Nur einzelne Gebirgsstöcke haben sich aus dem glühenden Kern über die Wasserfläche erhoben und sind als auf unsere Zeiten übergegangene Urgebirge erstarrt. Nun erhebt sich der Meeresboden, auf dem sich inzwischen schichtenartig abgesetztes Gestein gebildet hat, von Neuem und bildet die Uebergangsgebirge und deren Thäler und Ebenen. Es beginnt hierauf die Verwitterung der Gesteinsmassen, ein Vorgang, den wir auch jetzt noch beobachten und der mit der Verwesung der organischen Stoffe zu vergleichen. Die Oberfläche der Felsmassen zerfällt unterm Einfluß derselben allmälig pulverig, gelöste Steinblöcke stürzen hinab in die Ebene, ungeheure Regengüsse schwemmen die zerbröckelten Gebirgsmassen in den Ebenen zusammen, und Ströme führen sie wieder dem Meere zu. Hier setzen sie sich in neuen Schichten ab, werden später mit von Neuem sich aus dem Erdkerne erhebenden Gebirgsstöcken abermals gehoben und bilden so die sekundären, tertiären und Diluvialschichten. Auf diese Weise sind allmälig aus den festen Gebirgsmassen die in den Thälern und Ebenen zusammengeschwemmten pulverigen Erdmassen entstanden, welche den Grundbestandtheil unserer Ackererde bilden. Diese Art der Entstehung der Ackererde bedingt es, daß sie gemeiniglich den verschiedenartigsten Gesteinen ihre Entstehung verdankt oder aus diesen gemischt ist, weßhalb sie auch sehr häufig all die unorganischen Stoffe in reichlicher Menge enthält, welche zum Leben der Pflanze nothwendig. Doch kommen Ausnahmen davon im großartigsten Maßstabe vor, wie die fast nur aus Kieselerde bestehenden mächtigen Sandebenen.

2. Entstehung der Humusschichten.

Mit dem Auftreten der Pflanzenwelt tritt die Bodenbildung in ein neues Stadium, indem nun auch die absterbenden Pflanzen, die jährlich fallenden Blätter, das faulende Gras, die im Boden verwesenden

Digitized by Google

Wurzeln dem Boden organische Stoffe zuführen. Da nun aber anfänglich keine derartige verwesende Pflanzentheile vorhanden, so setzt dieß das Vermögen gewisser Pflanzen voraus, sich lediglich aus den in der Luft enthaltenen Nahrungsstoffen und den unorganischen Stoffen des Bodens zu ernähren. Noch heute sehen wir ähnliche Vorgänge auf den nackten Felsen unserer Gebirge. Wir sehen, wie sich hier anfänglich kleine Flechten ansetzen, ja theilweis sich ganz in das verwitterte Gestein einfressen. Diesen folgen Moose und ihre absterbenden Rasen füttern die unter Einfluß von Frost sich oberflächlich spaltenden Felsmassen mit ihren verwesenden Bestandtheilen. Hier siedeln sich schon Gräser, oder auf der Höhe unserer Gebirge die grünen Rasen der Aretien, Saxifragen, Cherlerien, Alsinen und andere Pflänzchen an. Mit ihren Wurzeln zwischen die Felsspalten eindringend, nehmen sie die ihnen durch die Verwitterung der Steinmassen in reichlicher Menge gebotenen anorganischen Stoffe, und aus den wenigen in den Spalten angesammelten organischen Resten, organische Stoffe auf; hauptsächlich aber werden sie durch herabfallenden Schnee und Regen ernährt und so bilden sie verwesend dünne Erdschichten von schwarzer Farbe, welchen man den Namen Humus, oder auch Moder und Dammerde beigelegt hat. Andere Pflanzen schlagen nun wieder auf solchem Untergrund ihren Wohnsitz auf, bis auch sie wieder absterben und der Verwesung anheimfallen. Auf diese Weise sind die oft mehr als ein Fuß mächtigen schwarzen Humusschichten entstanden, welche hoch oben über der Baumvegetation die nackten Felsen decken und deren Bildung lediglich durch die Nahrungstheile erklärt werden kann, welche die Pflanzen mittel- und unmittelbar aus der Luft in sich aufnehmen. Auf ähnliche Weise entstehen die schwarzen Humusschichten in unseren Wäldern, wo sie sich durch Verwesung der abfallenden Blätter und der krautartigen am Boden wuchernden Pflanzen, besonders auf Sandboden, leicht bilden. In den Tropenländern, wo alle Lebenserscheinungen einen raschern Verlauf besitzen, findet man in Waldungen solche Humusschichten, welche bis zu zehn Fuß Mächtigkeit ansteigen. Je mehr Kieselerde im Untergrund vorwaltet, je leichter bilden sich im Allgemeinen Humusschichten, da die Kieselerde keine zersetzende Einwirkung auf den Humus zeigt, oder mit andern Worten den Humus nicht in eine für die Pflanze verdauliche Form überführt. Es ist dieses jedoch eben nur auf durch Beimischung anderer Bodenarten noch bindigem Sandboden der Fall, auf reinem beweglichem Sande bilden sich nur dünne oder gar keine Humusschichten, weil sich theils der bildende Humus hier bald zwischen den Untergrund mischt und von den Pflanzen wieder verzehrt wird, theils ein üppiger Pflanzenwuchs auf demselben sich nie findet. Umgekehrt findet man, auf durch Verwitterung der verschiedenartigsten Gesteine entstandenem Boden, wie z. B. in den Waldungen der Schweiz, nur sehr selten Humusbildung, denn die Mengtheile des Bodens befördern die sehr schnelle Zersetzung aller organischen Substanzen und durch den Regen werden sie zwischen den Untergrund eingeführt. Daher kommt es denn

Digitized by Google

großentheils auch, daß der oft so rauhe Gebirgsboden dennoch so fruchtbar sein kann, denn ihm geht nichts von den abfallenden Laubmassen verloren, alles wird bald wieder für die Pflanze nutzbar gemacht, während da wo Humusbildungen an der Oberfläche stattfinden, nicht bloß das Holz als Produkt des Bodens und der Luft weggeführt wird, sondern oft auch noch diese Waldungen der Humusschichten beraubt werden, anstatt diese durch Unterbringen in den Untergrund für die Pflanzen nutzbar zu machen. Begreiflich ist es ferner, warum diese Humusschichten der Wälder, die der Gärtner unter dem Namen Heideerde so häufig im Garten zur Kultur der zarteren immergrünen Pflanzen verwendet, je nach der Natur des Untergrundes, auf dem sie sich gebildet und mit dem sie sich vermischt, eine so verschiedenartige Güte zeigen. Die natürlich mit feinem Sande gemischte Humuserde wird daher gemeiniglich am meisten geschätzt, denn sie ist an Nahrungsstoffen am reichsten und mit keiner Gebirgsart vermischt, die dem Leben vieler Pflanzen nicht zusagen. Der Humus der auf sandigem Untergrund lagernden Heidekrautsteppen hat der Heideerde den Namen gegeben.

In reinster Form, d. h. am freiesten von allen unorganischen Beimischungen findet sich der Humus im Innern alter Baumstämme als Baumerde und auf Torfmooren als Moor- und Torferde. Die letzteren beiden Erdarten aus der Verwesung von Holz, sowie von Wasser- und Sumpfpflanzen hervorgehend. Hoher Gehalt an Säuren macht den Humus der Torfmoore jedoch gemeiniglich nichts weniger als geeignet zur Pflanzenkultur, oder er zeigt selbst aus dem Trocknen genommen, wenig nährende Eigenschaften. Durch Lagern an der Luft, Beimischung von Stoffen, welche ihm fehlen oder die Säuren binden, kann er jedoch in sehr nahrhafte Erde verwandelt werden.

3. Eigenschaften des Humus in Bezug auf Pflanzennahrung.

Nachdem wir im Vorhergehenden die Bildung des mehr oder weniger reinen Humus kennen gelernt, führt uns schon ein einfaches Nachdenken zum Schluß, daß der Humus diejenige Bodenart sein müsse, welche der Pflanze die Nahrungsstoffe in der natürlichsten Form und in der reichsten Fülle bieten müsse, da er als aus abgestorbenen Pflanzentheilen entstanden, auch alle die Nahrungsstoffe in größter Auswahl enthalten müsse, die der Pflanze zum Wachsthum nothwendig. Wirklich spielt derselbe, sei es in mehr oder weniger reiner Gestalt, sei es als Beimischung zu gewöhnlichen Bodenarten in Bezug auf Gartenbau, eine ungemein wichtige Rolle, und hat ihn auch die neuere Agrikulturchemie in Bezug auf Landbau als entbehrlicher dargestellt, so werden wir doch im Folgenden sehen, daß dieß in Wahrheit nicht in dem Maaße der Fall ist.

Der Humus oder die Dammerde, aus der Verwesung vegetabilischer Stoffe entstanden, tritt zunächst in Bezug auf Pflanzennahrung in doppelter Form auf, nämlich als noch in der Verwesung begriffen und als vollständig verwest. In ersterer Gestalt benutzen wir ihn im Garten in Form der lockern wollig und weich anzufühlenden Heide-

Digitized by Google

oder Walderde, als Lauberde, als lockere von der Oberfläche genommene, noch mit vielen unverwesten vegetabilischen Resten vermischte Torferde und für die Feldkultur als mit Streu und Stroh vermischten Dünger, als Gründüngung ꝛc. In der ganz verwesten Form dagegen bildet er als letztes Produkt der Vermoderung eine schwarzbraune pulverige Masse, wie sie z. B. die feine hart anzufühlende schwarze Torferde darstellt, die auf die Vegetation in dieser Form keinen günstigen Einfluß übt.

Der noch in der Vermoderung begriffene Humus entwickelt unterm Hinzutritt von atmosphärischer Luft und Feuchtigkeit bei fortdauernder Verwesung Kohlensäure, indem der Kohlenstoff desselben sich mit dem Sauerstoff der Luft verbindet. Dadurch wird er für die Pflanze einerseits eine fortdauernde Quelle von Kohlensäure, welche vom Wasser aufgenommen und in die Pflanze übergeführt wird. Andrerseits entwickelt sich aber, da wir diese Kohlensäurebildung als einen Verbrennungsprozeß kennen lernten, zugleich Wärme, woher es kommt, daß an noch nicht vollständig verwestem Humus reicher Boden wärmer als an solchen Stoffen armer Boden ist. Während so der Kohlenstoff des Humus für die Pflanze nutzbar gemacht wird, gehen gleichzeitig unterm Hinzutreten von Luft die stickstoffhaltigen und unorganischen Bestandtheile desselben Verbindungen in für die Pflanze verdaulicher Form ein und so liefert auch diese ihren Antheil an der Ernährung. Der Humus besitzt aber außerdem, daß seine in die Grundstoffe zerlegten Bestandtheile in verschiedenartigen neuen Verbindungen in die Pflanze übergeführt werden, auch noch eine andere Eigenschaft, welche seinen Werth als Mischungstheil des Bodens noch bedeutend erhöhet. Derselbe besitzt nämlich die Fähigkeit die Wasserdünste, so wie auch die Kohlensäure und den Ammoniak der Atmosphäre an sich zu ziehen. Die Versuche Mulders machen es ferner sehr wahrscheinlich, daß sein Einfluß auf die Luft, nicht in der Aufsaugung dieser beiden Stoffe seine Grenze findet, — sondern daß die fortgehende Zersetzung humoser Stoffe sogar mit der direkten Bildung von Ammoniak in der Weise verbunden ist, indem der Stickstoff der Luft sich mit dem Wasserstoffe des Humus verbindet, während der auf diese Weise frei werdende Sauerstoff der Luft den Verwesungsprozeß beschleuniget. *

Aus diesen Eigenschaften des Humus erklärt es sich auch, warum das häufige Auflockern der Oberfläche des Erdbodens, durch welche die Luft in das Innere desselben geleitet wird, so vortheilhaft auf das Gedeihen der Pflanzen einwirkt, selbst wenn die Witterung ganz trocken ist. Auch jede Vorrichtung, welche das in den Kulturschichten des Bodens stagnirende Wasser fortleitet, wie Steintollen, Drainiren, Unterlage von Scherben auf dem Grunde der Blumentöpfe ꝛc., wirkt nicht bloß

* Als Beweis für diese Ansicht führt Mulder einen Kulturversuch mit Bohnen an. Junge Pflänzchen von Bohnen wurden in ammoniakfreier Atmosphäre in Holzkohle erzogen und durch Ulminsäure und ammoniakfreies Wasser ernährt. Bei der Analyse zeigten diese so erwachsenen Pflanzen den dreifachen Gehalt an Stickstoff, den der Samen, aus denen sie erwachsen, besessen hatten.

Digitized by Google

durch Ableitung des überschüssigen Wassers und Vermeidung von Säurebildung im Boden, sondern ganz vorzüglich auch dadurch, daß in alle vom Wasser frei werdenden Poren des Bodens Luft nachdringt und so mit der Ableitung des Wassers auch eine viel vollständigere Luftzirkulation erzweckt wird. In Folge dessen tritt lebhaftere Verwesung und Verwitterung der Nahrungsstoffe des Bodens ein, die Aufsaugung von Nahrungsstoffen aus der Luft wird erleichtert, und so wird der vom überschüssigen Wasser befreite Boden nicht bloß wärmer, sondern auch nahrhafter und gesunder.

Wenn es uns gelungen ist, im Vorangegangenen ein allgemeines Bild des hohen Werthes des Humus für die Pflanze zu geben, so kommen nun aber noch eine Menge spezieller Fälle dabei in Betrachtung, welche die allgemeine Gültigkeit des Gesagten bedeutend zu erschüttern scheinen. Wir wollen daher zunächst den ganz verwesten Humus einer weitern Untersuchung unterwerfen.

In großer Ausdehnung finden wir denselben auf unseren Torf- und Moorflächen. Nach dem im Vorangegangenen gesagten sollte man erwarten, daß diese Lokalitäten von einer Fülle von Pflanzenformen strotzen und uns das Bild der üppigsten Vegetation vorführen müßten. Dem ist nun aber in der Wirklichkeit nicht so, denn es wachsen kaum ein Zehntel unserer wilden einheimischen Pflanzen auf diesen Lokalitäten, und von diesen verhältnißmäßig wenigen Pflanzen sind wiederum kaum ein Zehntel, also nur ein Prozent aller unserer wilden Pflanzen, an diesen Boden gebunden. Viel reichhaltiger und bunter wird dagegen das Gemisch der Pflanzen, welche auf den schwarzen, trocken und auf mineralischem Untergrund liegenden Humusschichten unserer Berge vegetiren, wie auf der im Sommer zu bunten Blumengefilden verwandelten humusreichen Alpentriften ꝛc. Diese Erscheinungen erklären sich durch das Folgende.

Der verweste Humus, welcher den speziellen Namen Moder erhalten hat, ist der letzte Rest der Vegetabilien, welcher beim langsamen Verwesungsprozeß unterm nicht hinreichenden Zutritt von Luft zurückbleibt, oder der auch beim eigentlichen Verbrennungsprozeß sich ganz rein von anorganischen Stoffen in Form von Ruß ablagert. Hundert Theile desselben bestehen ungefähr aus 58 Atomen Kohlenstoff, 2 Atomen Wasserstoff und 40 Atomen Sauerstoff. Derselbe enthält im frischen Zustande Wasser in reichlicher Menge gebunden, saugt in kurzer Zeit das Doppelte seines Gewichtes von demselben ein, und siehet doch noch trocken aus. Im gewöhnlichen Wasser, bei niederen Temperaturgegenden ist derselbe sehr schwer löslich, indem bei 0° R. 6500 Wassertheile, bei + 18° R. aber doch noch 2500 Wassertheile zu dessen Lösung nothwendig sind. Die Folge von dieser Eigenschaft ist, daß unter Gegenwart von viel Wasser verwesende Pflanzentheile, die in ihnen enthaltenen Salze an das Wasser abgeben und nur die organischen Stoffe zurückbleiben. In dieser Weise bildet sich die Torferde und stellt daher einen sehr reinen aber schwer löslichen Humus oder Moder dar.

Moder, der unter fortdauernder Einwirkung von Wasser und Luft

Digitized by Google

bei höheren Temperaturgraden sich löst, bildet die verschiedenen Formen des Humusextraktes, in welcher Form wir den Humus als Beimischung zum Fluß- und Bodenwasser als einen wichtigen Nahrungsstoff kennen lernten. Durch Verdampfen des Wassers bleibt derselbe als gelblicher Rückstand zurück. Durch Gefrieren scheidet sich der im Wasser gelöste Moder, in fast unlöslichem Zustande, als Humuskohle ab, welche angezündet ohne Flamme brennt und den wichtigsten Bestandtheil des zum Brennen benutzten Torfes bildet.

Wenn der im Wasser schwer lösliche Moder dagegen mit den im Boden enthaltenen unorganischen Salzen und Ammoniak in Berührung kommt, so wird er durch diese zu Humussäuren, und letztere wieder durch Verbindung mit Salzbasen zu den humussauren Salzen, welche im Wasser leicht löslich sind, übergeführt. Humöse Säuren (richtiger ausgedrückt, die Form des Humus, welche zur Sättigung von basischen Stoffen dienen kann) sind Ulmin ($C^{40} H^{16} O^{14}$), Ulminsäure ($C^{40} H^{24} O^{14}$), Humin ($C^{40} H^{15} O^{15}$), Huminsäure ($C^{40} H^{12} O^{12}$), Geinsäure ($C^{40} H^{12} O^{14}$), Quellsatzsäure ($C^{48} H^{12} O^{24}$) und Quellsäure ($C^{24} H^{12} O^{16}$). Mit Ausnahme der ersten und dritten dieser sehr nah mit einander verwandten Formen des Moders, spielen dieselben wirklich im Boden die Rolle von Säuren, d. h. sie zeigen eine große Neigung sich mit Alkalien zu verbinden. Die Verbindungen derselben mit Natron, Kali, Kalkerde ꝛc. sind leicht löslich, und es ist sehr wahrscheinlich, daß der kohlenstoffreiche Moder nur in dieser Verbindung in die Pflanze übertritt, und nicht wie Schultz annimmt, direkt als Humussäure, Geinsäure ꝛc. in die Pflanze übertritt, — oder daß wie andere annehmen nur das Zersetzungsprodukt der humösen Säuren, die Kohlensäure, in die Pflanze übergeführt werde.

Besonders wichtig werden aber die eben betrachteten Säuren noch dadurch, daß sie auch mit dem Ammoniak leicht Verbindungen eingehen, (Siehe Seite 116, 127) und wahrscheinlich das wichtigste Mittel werden, wodurch dieser in einer für das Pflanzenleben unschädlichen Verbindung in das Innere der Pflanze gelangt.

Zum bessern Verständniß wollen wir noch bemerken, daß Ulmin und Humin die ersten Verwesungsprodukte des Humus sind. Ersteres ist eine braune, letzteres eine schwarze in Alkalien und Wasser unlösliche Masse, durch Verwesung und konzentrirte Alkalien, gehen sie in Ulmin- und Huminsäure über.

Die Ulminsäure erscheint als braune gestaltlose Masse, die schwer löslich im Wasser und mit Alkalien ulminsaure Salze bildet.

Die Humin- oder auch Humussäure ist trocken eine schwarze glänzende Masse. Sie bildet mit Basen Salze, die wieder durch Säuren zersetzt werden können.

Die Geinsäure ist nur eine höher oxydirte Humussäure, welche zwei Atom Sauerstoff mehr enthält.

Quellsäure bildet eine braungelbe und Quellsatzsäure eine schwarzbraune formlose Masse.

Digitized by Google

Wir haben somit den Humus als einen der wichtigsten Bodenbestandtheile für Erhaltung des Pflanzenlebens kennen gelernt, indem er theils durch Kohlensäurebildung während der Verwesung, theils durch seine Kraft, Stoffe aus der Atmosphäre aufzusaugen, theils endlich durch Uebertreten desselben in Verbindung mit Alkalien und Ammoniak, der Pflanze nicht nur einen Theil des so nothwendigen Kohlenstoffes liefert, sondern auch noch das Uebertreten anderer Stoffe vermittelt. Da wo aber der reine Humus wenig nährende Eigenschaften zeigte, da war es lediglich die unlösliche Form desselben, die diesen Umstand bedingte, oder es waren schädliche ihm beigemischte Säuren, die ihn untauglich machten. Derartiger Humus kann aber durch Lagern an der Luft, oder durch Untermengung mit gewöhnlichem an verwitterten Gesteinen reichem Boden, zu ganz fruchtbarem Boden aufgeschlossen werden. Sauren Torfboden befreit man durch Mergeln oder Kalken von den überschüssigen Säuren und befördert dadurch gleichzeitig die schnellere Zersetzung seiner Modertheile. In wie hohem Grade derartiger Boden den Pflanzenwuchs befördern kann, das zeigen unsere Alptriften, wo ein dem gewöhnlichen Moorboden sehr nah verwandter Humus, aber untermischt mit verwittertem Gestein lagert.

Eine der für die Gartenkultur kräftigsten und fruchtbarsten Humusarten ist die sogenannte Lauberde, die man sich durch Aufsetzen von Haufen des abgefallenen Laubes unserer Bäume bereitet. Im Laub der Bäume sind nämlich in der Pflanze die meisten Alkalien abgelagert, und so bekommt man auf diese Weise zugleich eine an diesen für das Pflanzenleben nothwendigen Stoffen reiche Erde.

Die Güte und Brauchbarkeit der verschiedenen in unseren Waldungen, Heidesteppen ꝛc. lagernden Humuserden, ist je nach den Pflanzenresten aus denen sie gebildet, je nach dem Untergrund mit dem sie gemischt, und endlich je nach den Pflanzen zu deren Kultur sie verwendet werden sollen, sehr verschieden.

4. Eigenschaften des Bodens, welche denselben zur Kultur befähigen.

Unter den aus der Verwitterung von Felsmassen entstandenen Bodenarten unterscheidet man als für die Pflanzenkultur besonders wichtig, Bodenarten in denen Kieselerde, oder Thon- oder Alaunerde, oder Kalk vorherrscht. Am reinsten kommt von diesen die Kieselerde als Sand und Kies vor. Die Thon- oder Alaunerde findet sich fast nie rein, sondern gemeiniglich mit Eisen, oder verschiedenen Mineralien gemischt, als Thonboden. Dieser Letztere ist entstanden durch Verwitterung des Granites und verwandte Gebirgsarten, welche aus verschiedenen unter einander gemischten Mineralien bestehen und daher auch immer auf ihren Bruchflächen verschiedene Farben zeigen. In reinster Gestalt entsteht der Thonboden durch Verwitterung der Feldspathe, Steinarten welche die Granite mit zusammensetzen. Die Beschaffenheit des Thonbodens ist demgemäß eine sehr verschiedenartige, er besteht aber gemeiniglich aus einem Gemenge reiner Thonerde, Kali, Natron, Kalk- und

Digitized by Google

Talkerde, Eisenoxyd ꝛc. und ist demgemäß eine an anorganischen Nahrstoffen sehr reiche Bodenart.

Im geringeren Grade mit Sand (Kieselerde) vermischt, nennt man ihn sandigen Thonboden, herrscht Sand vor, Lehm- oder sandigen Lehmboden. Thonboden in stärkerer Menge mit Kalk verbunden wird Mergel genannt. Die Thonerde ist nicht löslich und geht daher nicht in die Pflanze über, dagegen geht sie Verbindungen mit humösen Säuren ein, welche durch Ammoniak zersetzt und für die Pflanze nutzbar gemacht werden. Ferner ist sie durch ihr Mischungsverhältniß mit anderen Mineralien wichtig, welche nicht nur durch Zersetzung im gelösten Zustande in die Pflanze übergehen, sondern es wird bei der Zersetzung von Mergel und Kalk zugleich auch Kohlensäure gebildet. Außerdem befördern diese Mischungstheile die Verwesung und binden schädliche Säuren.

Kalk findet sich in größerer oder geringerer Menge in den meisten Bodenarten.

Bei der Bildung des Bodens durch Verwitterung von Gesteinen, spielen für den Pflanzenwuchs die kalihaltigen Gesteine die wichtigste Rolle, da Kali für alle Laub und Kraut bildenden Pflanzen, für unsere Kräuter, Bäume ꝛc. von großer Bedeutung als Bestandtheil des Bodens ist. So enthalten z. B. der Kalifeldspath 12 bis 17, der Glimmer 7 bis 11, der Talk 2 bis 3, der Klingstein 9, der Basalt $2^1/_2$, der Thonschiefer 3, Letten $1^1/_2$ bis 4 und Sandboden nur $^1/_2$ Prozent Kali. Da nun alle diese Gesteine unserm Ackerboden, respektive den als Thon- und Lehmboden bezeichneten Bodenarten, bald in größerer, bald in geringerer Menge beigemischt ist, so ergibt sich aus diesem Mischungsverhältniß auch die größere und geringere Fruchtbarkeit eines Bodens.

Bodenarten, in denen der kaliarme Basalt vorherrscht, nennt man auch wohl Basaltboden, er verlangt zu vollkommener Fruchtbarkeit Zusatz von Kali und Sand; ähnlich verhalten sich aus Porphyr und Grauwacke entstandene Bodenarten, und überhaupt beruht die höchste Fruchtbarkeit immer auf glücklicher Vereinigung von Kieselerde, Kali und Kalk.

Der Sand wird nicht bloß durch Verwitterung als Kieselerde in die Pflanze übergeführt, sondern er ist es ganz vorzüglich auch, der durch seine Beimischung die Bindigkeit des Bodens aufhebt, und denselben dadurch lockerer macht. Man unterscheidet daher in der Praxis auch zwischen festen und lockern Bodenarten. In den ersten ist Thon, in den andern Sand vorherrschend: die besten und fruchtbarsten sind die wo Sand und Thon ziemlich gleichmäßig gemischt sind. Lockere mit Humus stark vermischte Bodenarten nennt man leicht, bindige wenig mit Humus vermengte dagegen schwer. Die schweren Bodenarten absorbiren zwar nicht mehr Feuchtigkeit, aber sie halten dieselben länger an, und sind darum kälter. Der schwere Boden verhält sich immer ungünstiger zur Kultur, er ist in feuchten Jahren zu naß, und in trockenen erhält er oben eine harte, die Bearbeitung erschwerende Rinde. Wegen seiner bindigen Eigenschaft kann die Luft denselben weniger durchdringen,

Digitized by Google

die Verwitterung der in ihm enthaltenen Nahrungsstoffe geht langsam vor sich, und dadurch wird schwerer Boden auch weniger nahrhaft.

Ganz abgesehen vom Humus soll der zur Kultur geeignete Boden die folgenden Eigenschaften haben. Er soll in sich alle die anorganischen Stoffe enthalten, welche der Pflanze überhaupt, oder besondern Pflanzen zum Leben nothwendig; er soll locker sein, damit die atmosphärische Luft in denselben eindringen und unter ihrem Einfluß die Verwitterung der Bodenbestandtheile vor sich gehen könne; er soll tief gelockert und warm sein. Diese Eigenschaften erlangt der Boden durch häufiges Bearbeiten mit Pflug, Egge, Haue und Spaten und Ableitung des Wassers. Lockerung des Bodens erhöhet seine Fruchtbarkeit selbst beim trockensten Wetter; den nützlichsten Einfluß zeigt sie aber vor Winters angewendet. Die bindige Erde wird dann während des Winters durch Einfluß vor Frost zerkrümelt und nimmt auch aus der Luft, aus Schnee und Regen Nahrungsstoffe auf. Ueberhandnahme von Unkraut in Baumschulen und Weinbergen, auf Kartoffel, und Gemüsefeldern, auf Blumengruppen ꝛc. schadet daher den beeinträchtigten Pflanzen nicht bloß durch Entziehung von Nahrung, sondern die Versäumniß der Lockerung straft sich auch noch außerdem durch Verminderung der Fruchtbarkeit.

Die Vortheile der Bewässerung haben wir schon betrachtet. Die Nachtheile im Boden aufgestaueten Wassers sind Erkältung des Bodens und Bildung schädlicher Säuren oder Versauerung des Bodens, welche um so schneller eintritt, je reicher der Boden ist. Wie schädlich versetztes Wasser in Blumentöpfen bei feineren Pflanzen wirkt, davon kann sich der Gärtner leicht überzeugen. Das gleiche gilt aber auch für die Kulturpflanzen des freien Landes, mit einziger Ausnahme der Sumpfpflanzen. Wiesen, die zuvor nur schlechte saure Gräser und Riedtgräser trugen, werden durch Entwässerung zu gesundem fruchtbarem Land umgeschaffen, das zu allen Zwecken dienen kann. Versetztes Wasser, welches durch undurchdringlichen Untergrund aufgestaut bleibt, erkältet den Boden, da es nur mittelst der Verdunstung entweichen kann und bei diesem Prozeß stets freie Wärme gebunden wird.

Außer den bis jetzt genannten Eigenschaften des Kulturbodens, wollen wir nun noch die hinzufügen, daß er mit Humus und stickstoffhaltigen Bestandtheilen vermischt sei. Die vortheilhaften Eigenschaften des Humus haben wir kennen gelernt, seine Beimischung in unverwester Gestalt macht außerdem den Boden auch lockerer und kann also den Sand ersetzen. Gewöhnlichen unter Einfluß langjähriger Kultur stark mit Humustheilen versetzten Boden, nennt man Gartenboden.

5. Einbringung der dem Boden zur Ernährung fehlenden Stoffe.

In der freien Natur siedeln sich die Pflanzen nicht bloß ausschließlich auf für sie geeignetem Untergrunde an, sondern sie vegetiren hier auch unbelästigt weiter, ihre jährlich absterbenden Stengel, ihre hinfälligen Blätter u. s. f. kommen ihnen wieder zu gute, indem sie verwesend

Digitized by Google

ihnen wieder neue Nahrung bringen. Nicht so auf unsern Kulturländern. Hier nimmt man jährlich dem Boden mit der Ernte seine Erträge und der Boden muß mithin an den der Pflanze nöthigen Stoffen ärmer werden. Selbst die an Nahrungsstoffen so reichen Urboden Amerikas und anderer Welttheile, die noch nie zur Kultur dienten, werden zuletzt erschöpft und liefern dann nur kümmerliche Ernten. Wir sind daher genöthigt, die Stoffe, welche unsern Feldern fehlen, wieder in den Boden zu bringen, und das ist die Düngung. Diese wird nach den Bodenarten, nach den zu kultivirenden Pflanzen verschieden sein müssen, einen Universaldünger gibt es nicht. Für die meisten unserer Kulturpflanzen des Feldes ist aber eine Düngung mit einem kräftigen, d. h. an Stickstoff reichen Humus, die nachhaltigste und folglich auch beste. Einen solchen Dünger, den man für landwirthschaftliche Zwecke, Gemüse- und Obstbau ziemlich allgemein verwenden kann, stellt der Komposidünger dar. Dieser wird durch in Haufen aufgeschichteten Stalldünger aller Art, Abfälle von Pflanzen, und überhaupt allen uns zu Gebote stehenden düngenden Stoffen gebildet, und dazwischen schichtenweis gewöhnliche Ackererde und Moorerde gebracht. Die übergebrachte Erde nimmt die vom Dünger entweichenden Ammoniakdünste auf und trägt zur schnelleren Ueberführung der unverwesten Stoffe in für die Pflanze nützlicher Form, sehr viel bei. Durch dieses Verfahren vermehrt man nicht bloß den Dünger, sondern erhält auch eine der besten, am nachhaltigsten wirkenden Düngerarten.

Der Werth der düngenden Kraft des Humus wird von der neueren Agrikulturchemie häufig unterschätzt. Diese geht nämlich von der Ansicht aus, daß das Wasser — Wasserstoff und Sauerstoff, und die Luft — Kohlensäure genugsam liefern, es sei deßhalb nur nothwendig stickstoffhaltige schnell wirkende Substanzen und die fehlenden unorganischen Stoffe einzubringen und der Boden bedürfe der Humuszufuhr nicht weiter. Durch die im Boden bleibenden und daselbst verwesenden Wurzeln werde Humus in genügender Menge eingebracht.

Unter solch einem Wirthschaftssystem verbraucht aber die Pflanze nicht bloß die in möglichst verdaulicher Form aufgebrachten Düngstoffe, sondern sie entzieht auch noch dem Boden andere durch solche Düngstoffe erschlossene Nahrungsstoffe, und der Boden wird jährlich ärmer an organischen und unorganischen Nahrungsmitteln, und so wird man später nachthun müssen, was schlechte Oekonomie in einer Reihe von Jahren aufzehrte. Dieser Fall wird wenigstens immer dann eintreten, wenn nur mit starken Düngerpulvern, Guano, flüssigem Dünger u. s. f. gedüngt wird.

Auch Liebig stellt sich in einer gewissen Richtung auf die Seite derer, die den Humusgehalt des Bodens als unwichtig für das Pflanzenleben erachten. Dagegen ist es nicht zu verkennen, daß seine Lehren über die anorganischen (mineralischen) Nahrungsmittel des Bodens vielfach mißdeutet worden sind. Derselbe vertritt nämlich im Allgemeinen die Ansicht, daß stickstoffhaltige Nahrungsstoffe (Ammoniaksalze) nur dann

Digitized by Google

einen günstigen Einfluß auf die Pflanze haben werden, wenn der Pflanze zugleich auch die ihr nothwendigen mineralischen Nahrungsmittel geboten werden, und daß die Wirksamkeit des Ammoniaks im geraden Verhältniß zur Beimischung der mineralischen Nahrungsmittel stehe. Hierauf hat derselbe seine vielfach besprochene Mineraltheorie gegründet und dieselbe durch Anfertigung von Mineraldünger in den praktischen Ackerbau überzuführen gesucht. Da sich diese Theorie darauf stützt, daß in einer Reihe von Jahren ein nicht mit Stallmist und andern an mineralischen Stoffen reichen Düngungsmitteln gedüngter Boden, an den für die Pflanze nothwendigen Mineralsubstanzen arm werde, so ist es klar, daß 1. diese Mineraldünger nur auf an diesen Stoffen wirklich armen Feldern von Wirksamkeit sein konnten, und daß 2. auch auf solchen Feldern dieselben nur dann Wirkung zeigen konnten, wenn damit zugleich stickstoffreiche Düngmittel angewendet wurden. Da beides gemeiniglich nicht beobachtet ward, hatten diese mineralischen Düngerpulver keinen Erfolg, und man gebrauchte mit Unrecht derartiges Mißlingen als Beweismittel gegen Liebig's Theorie. Wenn wir also in dieser Richtung Liebigs Mineraldüngerpulvern nicht zu nahe treten wollen, so leidet dennoch nach unserer Ansicht diese Theorie an dem Gebrechen, daß sie den Humusgehalt des Bodens gar nicht berücksichtiget und also genau genommen den Humus für überflüssig erklärt. Da ferner auch die große Mehrzahl unserer Bodenarten an mineralischen Stoffen aller Art ziemlich reich, so wird selten der Fall eintreten, daß derartige Mengedüngungen nothwendig werden, nie aber werden sie einen mit Ackererde vermischten Stalldünger zu ersetzen vermögen.

Noch weniger als auf den Ackerbau, läßt sich aber ein derartiges Düngersystem für den Gartenbau in Anwendung bringen, wo die Mannigfaltigkeit der Nahrungsstoffe, die wir der Pflanze mit der Erde bieten müssen, viel größer ist, ja stickstoffhaltige Düngungen den Tod vieler Pflanzen oft unmittelbar zur Folge haben würden. Für den Gartenbau spielen daher die verschiedenen Formen des Humus eine ungleich wichtigere Rolle, als für den Landbau.

Beim Landbau im Großen kann durch Düngung nur in zwei Richtungen eingewirkt werden, indem einerseits die zum Gedeihen der Kulturpflanzen nothwendigen Stoffe in den Boden eingebracht, und zugleich die Kulturpflanzen den Bodenverhältnissen angepaßt werden, oder indem andrerseits dem Land durch Ruhe wieder neue Nahrungsstoffe zugeführt werden. Die letztere Art der Düngung, oder die Brachwirthschaft basirt sich auf die Aufnahme von Nahrungsstoffen aus der Luft; sei es nur durch den den Einflüssen der Witterung geöffneten Boden, wie bei der eigentlichen Brachwirthschaft, sei es, daß durch Aussäen von genügsamen Pflanzen auf die Aufnahme aus der Luft hingearbeitet, und diese dann durch Unterbringen für die nachfolgenden Kulturpflanzen nutzbar gemacht werden, wie dieß bei der Gründüngung geschieht. Brachwirthschaft und Gründüngung entziehen beide den Boden auf kürzere oder längere Zeit der Benutzung, und können deßhalb nur durch Dünger-

Digitized by Google

mangel entschuldiget werden. Bei unseren immer sich steigernden Preisen des Bodens läßt man daher den Dünger billiger aus fernen Ländern in möglichst konzentrirter Gestalt kommen, als daß man das Land der Benutzung entzieht.

Während so der Landbau sich den Lokalitäten anpaßt und für gewisse Bodenarten nicht geeignete Pflanzen gar nicht kultivirt, muß der Gartenbau, der auf viel kleineren Flächen operirt, alle Schwierigkeiten, welche ihm der Boden entgegenstellt, zu besiegen wissen, er muß die Bodenverhältnisse für die Kultur einzelner Pflanzengruppen vollständig verändern, er muß besondere Parthieen für die Kultur der Pflanzen, des reinen Humus, für die Gebirgspflanzen, für Sandpflanzen, für Sumpfpflanzen, Wasserpflanzen herstellen. Ihm liegt es ob, bindige Böden durch Beimischung von Sand oder durch Brennen locker, durch Beimischung von Humus leicht zu machen, zu lockere und leichte Böden durch Ueberführen mit Lehm oder Thon bindiger zu machen und die Erdarten für die Topfpflanzen, je nach der verschiedenartigen Natur derselben künstlich zu mischen. Der Humus in den verschiedenartigsten Gestalten spielt dabei immer eine der wichtigsten Rollen. In Bezug auf unorganische Nahrungsstoffe kann aber der Gartenbau von der Agrikulturchemie noch vieles lernen, um durch Anwendung oder Neutralisirung unorganischer Stoffe, noch mehr als dieß bis jetzt geschehen, auf das Gedeihen seiner Pfleglinge zurück zu wirken. Ein ganz allgemeiner Fehler unseres deutschen Gartenbaues ist es namentlich, daß schwere Bodenarten als Mischungstheil des Humus noch viel zu wenig angewendet werden. Durch solche Vermischung mit größtentheils unorganischen Bodenarten, wie mit Lehm, Thon, Schlamm, ja selbst für gewisse Pflanzen mit Mergel, Gyps ꝛc., wird der den Pflanzen gebotene Humus viel vollkommener in aufnehmbare Verbindungen übergeführt. Das Wachsthum der Pflanzen selbst wird gedrungener und fester, da anorganische Stoffe, namentlich die der Pflanze so nöthigen Kalisalze, in größerer Menge in die Pflanze übergehen, und in Folge dessen die Ablagerung und Bildung von Stoffen veranlaßt, sowie auch die Aufnahme von Wasser in Folge geringerer Wurzelbildung verringert wird. Den Nachtheilen aber, die dadurch entstehen könnten, daß die Pflanzen in schwereren Erdmischungen gegen Feuchtigkeit empfindlicher, kann durch gute Ableitung des Wassers ja ziemlich leicht begegnet werden.

Bevor wir uns nun zur speziellen Form wenden, in der die Stoffe, welche wir als die wichtigsten Nahrungsstoffe kennen lernten, in den Boden gebracht werden, wollen wir noch bevorworten, daß das vollkommenste und rationellste Düngerwesen eben so sehr auf genauer Kenntniß der Pflanzen, denen wir die Gaben reichen, wie auf Kenntniß des Bodens beruht. So wird z. B. eine Kalk- oder Gypsdüngung auf kalkarmen Boden vorzügliche, auf kalkreichem Boden gar keine Wirkung zeigen, und so beruhen überhaupt auf ähnlichen Mißgriffen die so verschiedenartigen Angaben, welche über die Düngkraft des einen oder andern Stoffes gemacht werden.

Digitized by Google

Sauerstoff, Wasserstoff, Kohlenstoff liefert außer dem Wasser ganz vorzüglich der Humus.

Den Stickstoff in möglichst großer Menge in den Boden einzuführen, darauf laufen die meisten Düngungen für unsere Kulturpflanzen hinaus, da der Boden an diesem zum üppigen Gedeihen nothwendigen Stoff gemeiniglich am schnellsten erschöpft ist. Starke stickstoffhaltige Düngungen sind nur für die Kulturpflanzen nothwendig, die wir wegen ihrer an Stickstoff reichen Blätter und Samen anbauen. Die stickstoffhaltige Düngung gibt aber auch außerdem gar vielen Pflanzen des Blumengartens einen außerordentlichen Reiz zum Wachsthum, und veranlaßt sie namentlich zur vollkommneren und vermehrten Blüthenbildung. So verhalten sich die meisten krautartigen Pflanzen oder überhaupt die Pflanzen, welche wir nicht als Pflanzen des reinen Humus kennen. Von besonders vortheilhafter Wirkung ist stickstoffreiche Düngung unter den Ziergewächsen, bei Pflanzen, die an narkotischen Stoffen reich, so bei den Petunien, Daturen, Cestrum, Habrothamnus u. a. m.

Stickstoff findet sich in geringen Quantitäten sowohl im Humus, als auch dem Thon- und Lehmboden ungefähr zu $^1/_8$ Prozent beigemengt; wo es aber darauf ankommt, denselben in größeren Quantitäten in den Boden zu bringen, da muß es durch Düngung mit animalischen Stoffen, mit Thierexcrementen ꝛc., auf die allgemein gebräuchliche Weise geschehen.

Gibt man dabei den Stickstoff der Pflanze in einer schon gefaulten, d. h. schon zur Aufnahme geeigneten Form, so hat die Düngung einen viel schnelleren Erfolg, als wenn dieß z. B. mit frischem Dünger geschieht, wo während des Faulens desselben sich erst Stickstoff in assimilirbarer Gestalt bilden muß. Hieraus erklärt sich, warum der Erfolg einer Düngung mit gefaulter Jauche viel schneller als mit gewöhnlichem Dünger hilft, dagegen aber auch die Wirkung nicht lange anhält, und warum wieder solche Düngung auf feuchtem Boden schneller hilft als auf trocknem. Die Pflanze kann nämlich nur in sehr dünner Lösung die Nahrungsstoffe aufnehmen, daher kann feuchter Boden die Aufnahme sogleich vermitteln, bei trocknem Boden muß die konzentrirte Nahrung aber unbenutzt im Boden bleiben.

Ein an gefaultem Stickstoff sehr reicher Dünger ist der Guano Es ist dieß ein sehr alter gefaulter Dünger von Seevögeln, der in großen Massen von den Inseln der Südsee geholt wird, um unsere Felder zu düngen. Mit Erde vermischt und zu Pulver zermalen, zeigt er, trocken auf feuchtem Boden ausgestreuet oder auch im Wasser aufgelöst, als Dungguß eine außerordentlich düngende Kraft. In letzterer Gestalt und nicht zu konzentrirt, findet er ganz besonders auch im Gartenbau sehr häufige Anwendung, befördert das Wachsthum und Blüthenbildung der Dahlien, Pelargonien ꝛc. ganz ungemein. Da er sehr reich an ammoniakalischen Salzen (S. 127), muß man sich hüten, denselben in trockener Form angewendet, in unmittelbare Berührung mit den Wurzeln zu bringen. Die außerordentlich düngende Kraft der Hornspäne, des Knochenmehls ꝛc. beruht ebenfalls größtentheils auf

Digitized by Google

deren Gehalt an Stickstoff. Das rationelle Düngerwesen ist aber nicht dabei stehen geblieben, die Thierreste aller Art der Jetztwelt zur Lieferung des Stickstoffes für die Pflanzen zu benutzen, sie ist in neuester Zeit noch weiter gegangen und hat auch die Gebirge durchsucht und stickstoffreiche Ablagerungen in ähnlicher Weise benutzt. Ein in neuer Zeit in großer Menge nach Europa gebrachtes Salz dieser Art, welches in Chili und Peru in drei Fuß mächtigen Schichten in meilenweiter Verbreitung gegraben wird, ist der Chilisalpeter, der den Stickstoff in Sauerstoffverbindung als Salpeter enthält. Dieses Salz, welches auch als Würfelsalpeter, als Sodasalpeter und salpetersaures Natron bekannt ist, besitzt eine noch größere Wirksamkeit als der Guano. Wie beim Letzteren hat eine Düngung damit sehr üppiges Wachsthum, sowie ferner sehr vollkommene Samenbildung zur Folge, und wenn es erst zu billigern Preisen geliefert werden kann, so dürfte es mit der Zeit von hohem Werth für Landwirthschaft und Gartenbau werden. Zur Düngung eines ganzen Morgen Landes rechnet man ungefähr nur 50 Pfund. Man streut es gepulvert sehr dünn aus, hütet sich, daß nichts davon auf die Blätter kommt und streut diese Quantität lieber in zwei Malen, als auf einmal aus.

Während nun im praktischen Land- und Gartenbau die vortheilhafte Einwirkung stickstoffreicher Düngmittel schon lange bekannt war, und es in dieser Richtung der neueren Agrikulturchemie zum Verdienst gereicht, einestheils neue stickstoffhaltige Düngstoffe aufgefunden oder den Weg gezeigt zu haben, auf welchem dem Dünger durch Fixirung des Ammoniaks alle düngenden Bestandtheile erhalten werden oder wie er ferner behandelt werden müsse, um am schnellsten und vollkommensten in die Form übergeführt werden zu können, in der er für die Pflanze nutzbar ist, — so hat diese Wissenschaft andrerseits in Bezug auf unorganische Düngstoffe noch viel mehr geleistet.

Nachdem die hohe Wichtigkeit der unorganischen Grundstoffe für die Ernährung der Pflanzen unwiderleglich nachgewiesen, ging die Bestrebung dahin, die gefundenen Resultate für die Praxis nutzbar zu machen. Gerieth man dabei auch auf einzelne Abwege, so sind dennoch durch diese Bemühungen für Landwirthschaft und Gartenbau bereits sehr wichtige Resultate hervorgegangen und werden für den Letzteren erst noch hervorgehen. Wir unterwerfen daher diese Stoffe, in ihrer Eigenschaft als direkte und indirekte Düngstoffe, noch einer flüchtigen Prüfung, und verweisen dabei auf das was wir über deren Auftreten in der Pflanze und deren Eigenschaften S. 117—122 gesagt haben.

Die leicht löslichen Alkalien besitzen einen wesentlichen Einfluß auf Stengel- und Blattbildung. Unter ihrem Einfluß wird der Wuchs gedrungener, die Laubbildung üppiger und vollkommner, denn sie sind es, die die chemischen Vorgänge im Innern der Pflanze beschleunigen und potenziren, und indem sie die überschüssigen Säuren fixiren, die Ablagerung der wichtigsten Nährstoffe veranlassen, ohne selbst an diesen Bildungen Theil zu nehmen. Es ist daher die Asche der krautartigen jüngsten Theile der Pflanzen immer am reichsten an Alkalien.

Digitized by Google

Wir haben die Alkalien als Bestandtheile des Lehm- und Thonbodens kennen gelernt. Kalisalze werden außerdem mit jedem humusreichen Dünger mit der Pflanzenasche und urinhaltigen Dunggüssen in den Boden gebracht. Auch Kalkdüngung liefert Kali, in Folge der Eigenschaft des Kalkes, kalihaltige Gesteine aufzuschließen. Reichthum des Bodens an Kali bedingt wesentlich dessen Fruchtbarkeit, gänzlicher Mangel daran Unfruchtbarkeit. Weniger wichtig sind die in der Pflanze verhältnißmäßig weniger verbreiteten Natronsalze, und da dieselben in geringem Maaße fast allen unsern Bodenarten beigemengt, so hat man nur selten nothwendig, sie in Form von Kochsalz, Soda ꝛc., in den Boden zu bringen. Selbst die eigentlichen Strandpflanzen finden in gewöhnlichen Bodenarten gemeiniglich noch dieses Stoffes genug zum Leben, oder es tritt dann Kali an die Stelle von Natron, obgleich sie unter solchen Verhältnissen nie jene Saftfülle uud Ueppigkeit erreichen, welche die Strandpflanzen in so hohem Maaße auszeichnet, wenn ihnen durch Meerwasser oder durch Seeluft Salztheile in reichlicher Menge zugetragen werden.

Das Chlor scheint für Pflanzennahrung von keinem Belange zu sein. Es tritt in gewissen Verbindungen zuweilen an die Stelle des Sauerstoffes und findet sich wie das Natron, als Salz dem Boden beigemengt. In größerer Menge tritt es nur in den Strandpflanzen auf.

Der Schwefel ist zwar fast allen Pflanzen, aber immer nur in sehr geringen Mengen nothwendig. Er findet sich als schwefelsaurer Kalk (Gyps), und in Form anderer schwefelsaurer Salze in den meisten Bodenarten in genügender Menge, und wird mit jedem animalischen Dünger oder auch als Gyps in den Boden gebracht. Verhältnißmäßig reich an Schwefel sind die Stickstoffverbindungen der Samen der Hülsenfrüchte, weßhalb auch den Erbsen, Linsen, Bohnen und Kleearten Gypsdüngung sehr zusagt. Auch viele Cruciferen bedürfen des Schwefels in größerer Menge.

Kalk und Magnesium sind als Kalk- und Talkerde in den meisten unserer Bodenarten genugsam verbreitet, oder können als Gyps Kreide, Kalkstein, Mergel eingeführt werden. Sie sind nicht bloß insofern wichtig, als sie durch die Säuren des Bodens gelöst, in die Pflanze übertreten, und da ähnliche Eigenschaften wie die Alkalien zeigen, — sondern sie sind auch als Mischungstheil des Bodens von bedeutendem Einfluß auf die Vegetation. Sie bedingen nämlich die Zersetzung schwerlöslicher Bestandtheile des Bodens, und befördern ferner die schnellere Verwesung, indem sie Säuren des Bodens abstumpfen, und werden in dieser Beziehung in kalkarmen Bodenarten zu einem wichtigen Düngungsmittel in der Hand des einsichtigen Landmannes und Gärtners.

Die Phosphorsäure haben wir als einen der wichtigsten anorganischen Nahrungsstoffe kennen gelernt. Sie besitzt im Boden eine ziemlich allgemeine Verbreitung in Form von phosphorsaurem Kalk und phosphorsaurer Talkerde, doch aber nicht in dem Maaße, daß Pflanzen wie unsere Cerealien, die Phosphorsäure zu ihrer Samen-

Digitized by Google

bildung in großer Menge konsumiren, den Boden an diesem Stoffe nicht bald erschöpfen sollten. Die Knochen, die Excremente von Schafen, Kühen, Pferden sind reich an phosphorsaurem Kalk, und außer ihrem Gehalt an Stickstoff bedingt derselbe wesentlich ihre düngende Kraft und zeigt ganz besonders Einwirkung auf vermehrte und vollkommnere Samenbildung, sowie auf die Ausbildung fleischiger Wurzeln. Da er im Wasser nicht löslich, so geht er entweder im Boden sehr allmälig durch die Verwitterung und Einwirkung von Ammoniak in einen zur Aufnahme geeigneten Zustand über, oder man bringt das an diesem Stoffe so reiche Knochenmehl durch Schwefelsäure und Salzsäure in einen Zustand, in dem der phosphorsaure Kalk zur unmittelbaren Aufnahme durch die Wurzel geeignet ist. Auf diese Weise können mit kleinen Quantitäten große Erfolge verbunden werden, wenn man gleichzeitig auch noch stickstoffhaltige Düngungen anwendet. Stickstoff- und Phosphorgehalt des Düngers müssen immer in einem gewissen Verhältnisse, ungefähr wie 1 u. 3 zu einander stehen, wenn sich der Dünger als wirksam erweisen soll.

Man hat in dieser Hinsicht auch die Thierreste der Vorwelt, die als ganze Lager von Knochensteinen oder Koprolithen in England und Amerika gegraben werden, für die Landwirthschaft nützlich zu machen gesucht.

Die Kieselerde ist jedem Boden beigemengt. Löslich wird dieselbe durch die Verwitterung, durch Einfluß von Ammoniak, Kali und Natron, und ist auch fast in jedem Wasser enthalten. Für den Gartenbau wird dieselbe als mechanischer Mengtheil des Bodens wichtig, um auf diese Weise die Bindigkeit fester Bodenarten aufzuheben. Im reinen Zustande wendet man sie nur dann an, wenn es Aufgabe der Kultur ist, der Pflanze möglichst wenig Nahrnng zuzuführen, wie bei der Stecklingszucht, kranken Pflanzen ꝛc.

Jod und Brom werden nur in Seegewächsen, wie in den Meeralgen angetroffen, und können daher hier füglich übergangen werden.

Fluor ist neuerdings in den Pflanzen, jedoch nur in sehr kleinen Mengen nachgewiesen worden. An Calcium gebunden, findet es sich als Flußspath nicht selten im Boden.

Eisen kommt in allen Gebirgsformationen vor und enthalten durchschnittlich alle Bodenarten zwei bis drei Prozent desselben; im Lehm- und Thonboden kann jedoch der Gehalt an Eisen bis auf zwanzig Prozent ansteigen. In der Pflanze kommt es nur in geringen Mengen, meist mit Phosphor verbunden, vor; nothwendig scheint es nur wenigen Pflanzen zu sein; in größerer Menge aufgenommen wirkt es schädlich. Wo es zufällig in eisenhaltigem Boden in größerer Menge aufgenommen wird, können auch die Produkte der Pflanze dadurch an Güte verlieren. So steht z. B. der Javathee wegen seines größeren Gehaltes an Eisen dem Chinathee weit nach. Je nach der Form, in welcher das Eisen im Boden auftritt, ist es bald nützlich, bald schädlich. Das den Boden roth färbende Eisenoxyd ist nicht bloß als unlöslich unschädlich,

Digitized by Google

sondern es wird z. B. im Thonboden sogar sehr nützlich, da es denselben ähnlich wie beigemischter Humus milder macht. Es besitzt ferner die Eigenschaft, den Ammoniak aus der Atmosphäre einzusaugen und im Boden zurück zu halten, weßhalb ein rother Thonboden immer fruchtbarer als gewöhnlicher zäher Thonboden ist. In den Boden gelangt es in dieser Form durch Verwitterung des sogenannten Rotheisensteins. In unseren Gebirgen tritt derartig entstandener Boden oft in großer Ausbreitung auf und trägt eine kräftige Vegetation. So z. B. in einer Höhe von 6—8000 Fuß an den um die Sandalp lagernden Gebirgsstöcken im Kanton Glarus, wo dieser Boden von den Einwohnern den sehr bezeichnenden Namen „Röthe“ erhalten hat, und dem Botaniker als eine an seltenen Pflanzen sehr reiche Lokalität bekannt ist.

Nicht günstig auf die Vegetation einwirkend, ja im Uebermaß sogar schädlich, sind die den Boden schwarzblau färbenden Eisenoxydulverbindungen. Kommt solcher Boden im Untergrunde des Feldes vor, so muß man sehr vorsichtig sein, viel desselben auf einmal empor zu heben, da er sonst einen sehr schädlichen Einfluß auf die Vegetation ausüben würde. Dadurch daß er längere Zeit der Einwirkung der Atmosphäre ausgesetzt wird, verbessert er sich. Das Eisenoxydul verbindet sich mit Sauerstoff und wird zum rothen Eisenoxyd, wodurch zugleich die Farbe des Bodens verändert wird. Eine ähnliche Einwirkung zeigt Beimischung von Kalk. Durch vorsichtiges jährliches Aufbringen solchen Untergrundes, oder Einbringen von Kalk, kann daher dieser ebenfalls nach und nach für die Pflanze nutzbar gemacht werden. Von besonders nachtheiligem Einfluß ist ein solcher Eisenboden im Untergrund auf alle Pflanzen mit tiefgehenden Wurzeln. Das plötzliche Absterben junger kräftiger Obstbäume findet meistens seinen Grund hierin.

Ein Nachtheil jedes stark eisenhaltigen Bodens ist der, daß er viel Dünger verzehrt, indem die Eisenoxyde mit dem Ammoniak, der Kohlensäure und der Phosphorsäure unlösliche Verbindungen eingehen.

Als schwefelsaures Eisenoxydul (Eisenvitriol) findet sich das Eisen häufig dem nassem Schiefer-, Mergel- und Torfboden beigemengt und äußert in größeren Mengen in dieser Form einen ebenfalls unbedingt schädlichen Einfluß auf die Vegetation. Im Torf kommt es aber auch noch in einer andern höchst eigenthümlichen Form als Raseneisenstein vor, welcher aus einer Verbindung der aus phosphorsaurem Kalke bestehenden Schaalen kleiner Infusorien mit Eisen entsteht. Obgleich auf diese Weise durch die Schaalen der abgestorbenen Infusorien der Raseneisenstein ziemlich schnell wieder gebildet wird, so gehören doch eine Billion solcher Thierchen nach Ehrenbergs Berechnung dazu, um einen Kubikzoll Morasterz zu bilden, was uns einen Begriff von dem Leben im Wasser unserer Sümpfe geben mag.

Eisenvitriol in größeren Mengen schädlich wirkend, wirkt als verdünnter Guß auf Bildung von Blattgrün bei an der Bleichsucht leidenden Pflanzen. Von Eisenoxyd ganz rother Boden oder Untermischung von Eisenfeilspänen und Hammerschlag unter die Erde, be-

Digitized by Google

wirken bekanntlich das Uebergehen der rothen Farbe der Hortensie in die blaue.

Aluminium, ebenfalls einer der einfachen in den Pflanzenkörper übergehenden unorganischen Körper, ist ein Metall, welches mit Sauerstoff verbunden die reine Thonerde darstellt. Thonerde ist ein nie fehlender Bestandtheil des Thon- und Lehmbodens oder eines fruchtbaren Ackerbodens. Als Bestandtheil der Pflanze ist das Aluminium durchaus unwesentlich, dagegen als Mengetheil der Erde von großer Wichtigkeit, da selbst der ziemlich reine Töpferthon immer noch mit größeren oder kleineren Quantitäten von Alkalien, Kalk, Talkerde, Eisen ꝛc. gemischt ist. Je nach dem Verhältniß, nach welchem er mit anderen Substanzen gemischt ist, nennt man ihn Porzellanerde, Pfeifenthon, Walkererde, Bolus, Töpferthon, Lesten, Lehm, Thonboden, Mergel, ja selbst dem Jurakalk ist drei bis zwanzig Prozent Thonerde beigemischt. Es bildet somit die Thonerde, mittelst ihrer Kraft das Wasser zu binden, gleichsam den Grundstoff der verschiedenartigen Mischungen des Bodens, und wird dadurch der Thonboden die reichste Quelle aller der anorganischen Stoffe, welche der Pflanze nothwendig sind. In ihren für die Pflanzenkultur wichtigsten Mischungsverhältnissen haben wir sie S. 146 kennen gelernt und gesehen, daß je reiner der Thonboden ist, er wegen seiner Bindigkeit unfruchtbar wird. So vortheilhaft nämlich als Mischungstheil mit Kieselerde ꝛc. die Eigenschaft des Thonbodens wird, Wasser in großer Quantität aufzusaugen (vier Theile Thonboden verschlucken drei Theile Wasser, vier Theile Sand nur ein Theil Wasser) und an sich zu halten, so nachtheilig wird diese Eigenschaft ziemlich reinem Thonboden, indem dieser mit Wasser gesättigt, sowohl für die atmosphärische Luft, wie für Wasser undurchdringlich wird. Durchs Brennen verliert der Thon seine Wasser bindende Kraft, wird poröser und fruchtbarer.

Mangan scheint nur zufällig in die Pflanze überzutreten. Im Boden ist dasselbe ein steter Begleiter von Eisen.

6. Die besondern Eigenschaften der Pflanzen in Bezug auf Bodenmischung.

Liebig stellte die Ansicht auf: „Da die organischen Nahrungsmittel allen Pflanzen überall im gleichen Maaße zu Gebote stehen, so kann in ihnen die Ursache der großen Verschiedenheit der Vegetation nicht gesucht werden, folglich muß dieselbe in den unorganischen Bestandtheilen liegen, und wenn wir den Dünger auf den Acker bringen, so ist es im Wesentlichen ganz dasselbe, wenn wir ihn erst verbrennen und die Asche auf den Boden streuen, denn nur in den Aschenbestandtheilen kann seine Wirksamkeit begründet sein.

Dieser Satz, welchen Liebig jetzt selbst kaum noch vertheidigen dürfte, enthält eben so viel Wahres als Falsches.

Die praktischen Erfahrungen im Gebiete des Gartenbaues, die sich nicht bloß über die wenigen Kulturpflanzen des freien Feldes verbreiten, bestätigen es allerdings, daß die unorganischen Mischungstheile des

Digitized by Google

Bodens wesentlich die Verschiedenheit der Vegetation unter sonst gleichen klimatischen Einflüssen bedingen; oder daß es eine größere Zahl von Pflanzen gibt, deren Leben an das Vorkommen gewisser anorganischer Stoffe im Boden gebunden ist. Sie zeigen uns aber auch andrerseits die hohe Wichtigkeit des Humus für die Vegetation, und es heißt mit offenen Augen blind sein, wenn man die Behauptung aufstellt, daß nur die unorganischen Bestandtheile im Humus demselben seine Wirksamkeit verleihen und daß die Asche des verbrannten Düngers und Humus daher das gleiche leiste, wie der Humus selber.

Gestützt auf jenen Ausspruch Liebig's, hat man denselben weiter ausgeführt und daraus ein ganz neues Düngersystem zu bilden versucht, welches uns zuletzt dahin führen würde, den Dünger für unsere Felder nicht mehr auf mit vier Pferden bespannten Wagen, sondern in der Rocktasche dahin zu bringen. Man stützt sich dabei besonders auf die auffallende Unfruchtbarkeit der Torf- und Moorerde, welche wir als Humus in der reinsten Gestalt, wie er bei uns vorkommt, kennen lernten. Die Gründe dieser Erscheinung haben wir kennen gelernt, sie liegen einzig in der unverdaulichen unlöslichen Form, welche der Humus in dieser Gestalt besitzt, und es ist eine schönere Aufgabe für die Chemie zu zeigen, auf welche Weise auch diese Form des Humus für die Pflanze am schnellsten nutzbar gemacht werden kann, als sie zur Basis durchaus falscher Schlüsse zu benutzen. Wenn wir durch ein Beispiel aus der Thierwelt die Unrichtigkeit derartiger Folgerungen darthun dürfen, so wäre es ungefähr dasselbe, wenn wir auf vollständige Nahrungslosigkeit von trocknen Bohnen, Erbsen, der Körner des Getreides ꝛc. schließen wollten, wenn sie ganz verschluckt und im gleichen Zustande wieder abgegeben werden.

Man kann bei der Mannigfaltigkeit der Erscheinungen in der Natur kaum einen größeren Fehler begehen, als wenn man von einer Erscheinung auf alle zurückschließen will. Ein solcher Schluß ist es, wenn wir von der Fähigkeit einzelner Pflanzen, ohne alle Humustheile zu vegetiren, erstens auf die gleiche Fähigkeit aller Pflanzen zurückschließen wollen und darum in zweiter Linie den Humus als für das Wachsthum der Pflanzen überhaupt unnöthig oder höchstens vermittelnd ansehen wollen. Solch eine Theorie und solche Schlüsse haben durchaus die gleiche Berechtigung wie jene Ansichten, welche die Aufnahme der unorganischen Nahrungsmittel für nur zufällig erklären, oder die denselben höchstens eine vermittelnde Rolle in Bezug auf Ernährung gestatten wollen.

Die vorurtheilsfreie Beobachtung der Natur zeigt uns, daß es allerdings eine große Zahl von Pflanzen gibt, die zu ihrem Leben des Humus selbst nicht einmal in gelöster Form mittelst des Wassers bedürfen und hierher gehören z. B. die Steinflechten, die Baumflechten, viele Moose u. s. f., welche gleichsam die Aufgabe haben, die erste Grundlage des Humus für nachfolgende andere Pflanzen zu begründen.

Eine zweite Klasse von Pflanzen kann selbst ganz ohne Humus ihr Leben fristen, wenn ihnen sonst alle unorganischen Nahrungsstoffe

Digitized by Google

im Boden und ein mit Nahrungsstoffen geschwängertes Wasser geboten wird. Sie werden aber unter solchen Verhältnissen nie jene Freudigkeit des Wachsthumes zeigen, wie wenn ihnen im Boden auch Humustheile in für sie geeigneter Form und mit ihm verbundener Stickstoff geboten wird.

Gehen wir hinauf in unsere Gebirge, betrachten wir uns die nackten steilen Felswände, betrachten wir uns die obersten Köpfe und Plateau's, wo außer Regenwasser kein anderes Bodenwasser hinkommen kann, mit vorurtheilsfrei prüfendem Blick. Da sehen wir eingeklemmt in die Spalten und Risse der Felsen, in dem Gerölle der herabgestürzten Felsmassen eine große Menge von Pflanzen, in größter Ueppigkeit, scheinbar ohne jede andere Nahrung, als welche ihnen das zerklüftete verwitternde Gestein, oder der aus der Luft fallende Regen und Schnee zuführt, gedeihen. Gehen wir aber hinauf auf die höchsten Köpfe der Felsen, wo nacktes Gestein zu Tage liegt, da verändert sich die Sache, die Vegetation ist nur dann üppig, wenn sich auch Humusschichten in geringerer oder größerer Mächtigkeit gebildet haben. Wo diese fehlen, da leben nur Flechten und Moose, oder nur hie und da sieht man einen der kleinen Gebirgsbewohner zwischen zerklüftetes Gestein mit seinen Wurzeln eingeklemmt. Bleiben wir aber nicht bloß bei der oberflächlichen Betrachtung stehen, versuchen wir es, die Felsspalten zu öffnen und die Pflänzchen mit ihren Wurzeln heraus zu holen, da werden wir zwischen die Felsspalten hinein in weitaus der größten Zahl der Fälle Humustheile gespült finden, welche den Wurzeln anhängen. In noch höherem Grade ist dieß an den Felswänden der Fall, wo herabtraufendes Wasser, geschwängert mit Humustheilen, diesen Pflanzen reichliche Nahrung zuführt, oder zwischen dem Gerölle, welches fast immer mit losgerissenem Humus vermengt ist. So sehen wir, daß es hier oben im Gebirge eigentlich nur wenige Pflanzen gibt, die lediglich auf die Ernährung durch die unorganischen Nahrungsstoffe des Bodens und Regen- und Schneewasser angewiesen sind. Es bereiten vielmehr einzelne die ersten Humusschichten und andere suchen diese auf, und indem auch sie einen großen Theil ihrer Nahrung aus der Luft an sich ziehen, so vermehren sie diese Humusschichten noch.

Auch in unseren Ebenen gibt es manche Pflanze, die mit sehr geringen Quantitäten von Humustheilen vorlieb nimmt, oder für die Lehm- und Thonboden den Humus, wie es scheint, vertreten kann, indem hier aus der Zersetzung von Kalk und Mergel Kohlensäure-Bildung im Boden hervorgeht. Als Beispiele besonders genügsamer Pflanzen sind die Pflanzen der Sandsteppen zu nennen, denn ihnen werden im Sande, selbst so allgemein verbreitete unorganische Stoffe, wie Kali, in nur sehr geringer Menge geboten. Allerdings kommen solche Sandpflanzen in durchaus reinem Sande nie vor, und namentlich da, wo ein besonderes üppiges Wachsthum derselben stattfindet, sind Humustheile dem Sande beigemischt oder es trägt mit Humustheilen benachbarter Sümpfe und Torflandes geschwängertes Bodenwasser zur Ernährung der Sandpflanzen viel bei. Unsere gewöhnliche Föhre (Pinus

Digitized by Google

silvestris) gilt in dieser Beziehung für einen der genügsamsten Bäume. Sie ist es, die in den traurigen dürren Sandebenen des Nordens Deutschlands nicht nur ganze Waldungen, sondern sogar auf der Oberfläche des Bodens aus ihrem abfallenden Laube noch Humusschichten bildet, in denen wieder andere Pflanzen ihren Wohnsitz aufschlagen. Ein Theil dieser Humusschichten kommt allerdings den Bäumen, mittelst des durch sie hindurch sickernden Regenwassers, wieder zu gute. Wo dieser Humus durch Einfluß des Untergrundes schnell zersetzt und für die Waldbäume wieder in allen seinen Theilen nutzbar gemacht wird, da ist dann auch das Wachsthum der Bäume kräftiger, üppiger und schneller. Man schreibt gemeiniglich die fruchtbare Eigenschaft solcher Bodenarten allein nur dem größern Kaligehalte der sie bildenden Gesteine zu. Allerdings trägt auch dieser Umstand viel dazu bei, daß Laubhölzer, die sehr kalireiche Erde zu ihrem Gedeihen verlangen, da besser und freudiger vegetiren; allein die schnelle Verwesung und Einführung der Humustheile in den Boden ist dabei nicht minder zu berücksichtigen.

Solche Beobachtungen lehren uns, daß einerseits die Pflanzen unter sich in der Weise bedeutende Verschiedenheiten zeigen, daß es wirklich solche gibt, die ohne alle oder doch nur unter Beihülfe sehr weniger Humustheile vegetiren können; daß ferner Beimischung von Humus zum Boden immer üppigeres Wachsthum der genügsamen Pflanzen und Auftreten einer Menge an solche Lokalitäten gebundener Pflanzen bedingt, und daß endlich aber auch je nach den vorherrschenden unorganischen Beimischungen des Bodens oder je nach den andern Verhältnissen, unter denen die Pflanze lebt, die Pflanzendecke sich ändert und einen andern Charakter annimmt.

Für den Gartenbau wird in dieser Hinsicht ungefähr die Unterscheidung der folgenden Pflanzengruppen wichtig:

a. Sandpflanzen sind solche, welche auf vorherrschend kieselhaltigem Boden leben, so z. B. die gemeine gelbe Immortelle (Gnaphalium arenarium), der Carex arenarius, viele Astragalus-Arten ꝛc.

b. Kalkpflanzen; diese leben auf vorherrschend kalkhaltigem Boden oder sind sogar theilweis an denselben gebunden. In besonders hohem Grade ist das Letztere bei solchen Pflanzen der Fall, welche, wie die Steinflechten, nur auf Ernährung durch die Luft und des verwitternden Gesteines angewiesen sind. Von höheren Pflanzen sind nur wenige an eigentlichen Kalkboden gebunden, sondern können gemeiniglich auch auf allen den Bodenarten vorkommen, denen Kalk nur im geringern Grade beigemengt ist. Als ausschließlich an vorherrschendem Kalkboden gebunden wollen wir z. B. die Saxifraga cæsia, Potentilla caulescens nennen, Pflanzen, die auch in Kultur eine sehr starke Beimischung von Kalk zu ihrem Gedeihen verlangen.

Die meisten der sogenannten Kalkpflanzen verlangen die Beimischung des Kalkes nur in geringem Grade, unter unsern gewöhnlichsten Kulturpflanzen verlangen diese Beimischung z. B. Klee und Erbsen, und diesen thut daher auch auf kalkarmem Boden eine Kalkdüngung

Digitized by Google

besonders gut. Unter den bekannteren Pflanzen der Gärten liebt z. B. die Aurikel, die rauhe Alpenrose (Rhododendron hirsutum) Kalkbeimischung.

c. Urgebirgspflanzen. Es sind dieß Pflanzen, die wie die ächten Sandpflanzen, Beimischung von Kalk in Wasser und Boden im Allgemeinen nicht lieben. Die rostbraune Alpenrose (Rhododendron ferrugineum), die Saxifraga Cotyledon, Sempervivum arachnoideum etc. mögen in dieser Hinsicht als Beispiele dienen.

d. Wiesen-, Weiden-, Acker- und Waldpflanzen. Als solche kann man im Allgemeinen die Pflanzen des fruchtbaren Lehm- und Thonbodens bezeichnen, oder mit andern Worten einer Erdmischung aus Kieselerde, Kali, etwas Kalk und Beimischung von Humus. Da solche Bodenmischungen den Pflanzen alle die Bedingungen zum Leben in vollkommenster Vereinigung bieten, so sind sie es wirklich auch, die in unseren Gebirgen und Ebenen sich am reichsten mit Pflanzenformen schmücken.

Wir können die Pflanzen solcher Bodenarten in drei Untergruppen theilen, nämlich:

1. In Kieselerdepflanzen, d. h. solche Pflanzen, die Kieselerde in größerer Menge zu ihrem Gedeihen bedürfen, wie z. B. die Gräser, die auf Lehm- und sandigen Lehmboden ihren geeignetesten Standort finden. Auffallend wird es auf den ersten Blick erscheinen, daß wir diese nicht beim Sandboden genannt haben. Der Sandboden enthält wohl Kieselerde genug, aber nicht die Mischungstheile, welche auf das Uebertreten der Kieselerde in Verbindungen, in denen dieselbe assimilirbar ist, hinwirken. Auch in reinem Humus können diese Pflanzen nicht gedeihen, da dieser ihnen ebenfalls keine Kieselerde liefert.

2. Humusliebende Pflanzen, oder Pflanzen, die eine vorwaltende Humusbildung als Mischungstheil dieser Bodenarten lieben. Hierher gehören die Mehrzahl unserer perennirenden Pflanzen des Blumengartens; ferner die meisten Bäume und Sträucher, welche in ihren krautartigen Theilen reich an Alkalien sind. Der Landwirth nennt sie daher auch Alkalipflanzen, wie die Kartoffeln und Runkelrüben. Starke stickstoffhaltige Düngungen sagen vielen dieser Pflanzen nicht zu; ja es gibt sogar eine große Zahl derselben, die durch solche getödtet werden. Man kann daher hier noch zwischen der Flora der durchaus unkultivirten Wiesen und Triften und der der kultivirten in dungkräftigem Zustande unterhaltenen, unterscheiden. Aus Letzteren verschwinden sogleich eine Menge der Pflanzen der ersteren Lokalitäten, so die Orchideen, die Gentiana-, Polygala-, Phyteuma-, Campanula-, Anemone-Arten und viele andere. Diese werden lediglich durch Einwirkung starker animalischer Düngungen vertrieben, und gehen sogar eher auf ziemlich rohe humusarme Bodenarten über, als daß sie auf gedüngtem Lande sich erhalten können, ein für die Gartenkultur sehr zu beherzigender Fingerzeig.

3. Stickstoffliebende Pflanzen. Es gehört hierher die Mehrzahl unserer wegen ihrer stickstoffhaltigen Produkte angebauten Kultur-

Digitized by Google

pflanzen. Alle diese gedeihen auch auf gewöhnlichem humusreichem Lehm- und Thonboden, aber sie bilden die Theile, um derentwillen wir sie anbauen, kräftiger und reicher an Stickstoff aus, wenn wir ihnen diesen in der einen oder andern Form zukommen lassen. So unsere Gemüse, Getreide, Hülsenfrüchte und selbst auch alle unsere Futterpflanzen, die den Stickstoff in ihren grünen Theilen ablagern. Als Phosphorpflanzen kann man unter diesen noch diejenigen unterscheiden, welche zur Ausbildung ihrer Samen auch dieses Stoffes in größeren Quantitäten bedürfen, so die Getreidearten.

Unsere als Alkalipflanzen bezeichneten Kulturpflanzen des freien Feldes, wie z. B. unsere Kartoffel, die starke stickstoffhaltige Düngungen erhalten, zeigen in Folge dessen zwar auch lebhafteres Wachsthum, stärkere Knollenbildung, aber der hohe Stärkemehlgehalt der Kartoffel wird dagegen verringert; sie wird reicher an Stickstoff, und deßhalb zwar nicht weniger nahrhaft, aber doch weniger schmackhaft. Ein ähnliches Verhalten zeigen überhaupt alle die Pflanzen, die wir wegen ihres Gehaltes an stickstofffreien Substanzen anbauen, wie wegen Bildung von Zucker, Stärke, Gummi ꝛc. Auf alle diese übt vegetabilische Düngung, die man durch Zusatz von Asche noch kräftiger machen kann, den unbedingt vortheilhafteren Einfluß aus, wie der Wohlgeschmack der Kartoffeln, die in Waldumbruch gezogen wurden, oder der Zuckerreichthum von Runkeln, die mit Moorerde gedüngt wurden, und andere Erfahrungen genugsam beweisen.

Wie sehr Bodenverhältnisse und Düngungen überhaupt auf das Verhalten der Produkte einwirken können, davon gibt auch der Weinstock lebendiges Zeugniß. Die gleiche Rebsorte liefert bei durchaus gleicher Kultur und gleichen Witterungsverhältnissen dennoch durchaus verschiedenes Produkt. Der sogenannte Erdgout, den z. B. viele unserer besten und feurigsten Schweizerweine besitzen, rührt ganz besonders von der starken animalischen Düngung her, die man bei uns dem Weinstock zu geben pflegt. Liebig's Versuch, durch unorganische Düngmittel auf das Bouquet des Weines zurückzuwirken, ist jedoch gescheitert. Sehr interessant sind in dieser Beziehung die Versuche, die Persoz mit dem Weinstock machte. Derselbe ging dabei von der Thatsache aus, daß jede Weintraube Weinstein enthalte, und daß es deßhalb nothwendig sei, dem Weine zur Bildung desselben alkalische Salze zu liefern. Wirklich hatte eine derartige vergleichungsweise angewendete Düngung außerordentliche Fruchtbarkeit bei alten Pflanzen zur Folge. Bei jungen Pflanzen mußte aber erst durch Düngstoffe, die namentlich auch Stickstoff und Phosphorsäure in reichlicher Menge enthielten, auf kräftige Holzbildung hingearbeitet werden und dann erst hatten derartige Düngungen einen ähnlichen Erfolg.

Aehnlich wie der Wein verhalten sich noch viele andere Kulturpflanzen, so liefert Havannah noch immer den besten Tabak, China den besten Thee, Riga den besten Flachssamen, alles Verhältnisse, die wohl mehr durch den Boden als durch das Klima veranlaßt werden.

Digitized by Google

e. Pflanzen des Humus. Es sind dieß Pflanzen, die vorzüglich nur im reinen Humus vorkommen. Dieselben theilen sich in die des sauern Humus oder in die Pflanzen der Torfmoore und in die Pflanzen des Waldhumus und der Gebirge.

An den sauren Humus gebunden scheinen nur solche Pflanzen zu sein, welche zugleich Sumpfpflanzen sind, oder die mit andern Worten Wasser im Untergrund zu ihrem Gedeihen verlangen. So z. B. die Malaxis-Arten, die Moosbeere (Vaccinium Oxycoccos), die Drosera-Arten, die Sarracenia-Arten, der Biberklee (Menyanthes trifoliata). Die meisten Pflanzen dieser Lokalitäten gehen jedoch auch auf andere Bodenarten über und verhalten sich ähnlich den humusliebenden Pflanzen. Für landwirthschaftliche Zwecke hat der saure Humus nur Werth als Streuland, welches bekanntlich oft höhern Ertrag als eigentliche Wiesen abwirft.

Die Pflanzen des Waldhumus, so die schwarze Beere und Mehlbeere (Vaccinium Myrtillus und Vitis idæa), die Pyrola-Arten, viele Farrenkräuter, Orchideen und andere sind schon viel mehr und strenger an solchen Boden gebunden. Der Waldhumus, auch schlechtweg Heideerde genannt, findet nebst dem entsäuerten Humus der Torfmoore die mannigfachste Anwendung im Gartenbau. Er dient nicht bloß für alle die Pflanzen, welche auch in der Natur fast nur auf solchem Boden fortkommen, wie z. B. die Mehrzahl der Alpenrosen, die capischen Heidekräuter, viele Farren, Orchideen, Aroideen und andere Pflanzen der tropischen Waldungen, sondern er muß auch an die Stelle der Erdmischung der nur humusliebenden Pflanzen in unseren Gärten treten. Als solche wollen wir nur die große Zahl der immergrünen feineren Sträucher Neuhollands, des Caps, Japans und anderer Länder nennen, welche in ihrem Vaterlande nur selten in reinem Humus vorkommen. Sieht man doch z. B. auch in unseren Gebirgen die als Pflanzen des reinen Humus bekannten Alpenrosen auf oft sehr rohe, nur wenig mit Humus untermischte, ja selbst rothe eisenhaltige Bodenarten übergehen und auf denselben noch recht gut gedeihen. Ueberhaupt zeigt in dieser Hinsicht der Waldhumus, je nach dem Untergrund, mit dem er natürlich vermischt, je nach den Bäumen, aus deren Blättern er entstanden, einen sehr verschiedenen Einfluß auf unsere Kulturpflanzen, oder umgekehrt ist es gerade für die humusliebenden Pflanzen fremder Welttheile viel schwieriger, eine passende Walderde aufzufinden, als für die Pflanzen des reinen Waldhumus. So lange wir im Gartenbau noch nicht dahin gelangt sein werden, unter den immergrünen Pflanzen des Humus noch wiederum Kali-, Kalk-, Kieselerde- und Gerbsäurehaltige Pflanzen zu unterscheiden und hiernach unsere Erdmischung zu machen, werden wir noch im Dunkeln umhertappend, so lange Versuche machen müssen, bis wir eine zweckmäßige Erde für die zarteren Gewächse ausfindig gemacht haben, denn der Name Heideerde ist ein solcher Kollektivname, daß er in spezieller Richtung gar nichts bezeichnet. In dieser Richtung nur einige bekannte Beispiele.

Digitized by Google

Wir wissen z. B., daß die in unsern Kalthäusern und Zimmern jetzt so beliebte Camellia in ihrem Vaterlande nur eine humusliebende Pflanze ist. In der Kultur erhält dieselbe die verschiedensten Erdarten. Es gibt Arten von Heideerde (Walderde), in denen dieselbe ohne jede andere Beimischung vortrefflich gedeihet, es gibt dagegen wieder andere, in die sie fast keine gesunde Wurzel macht, oder wo doch wenigstens die Kultur in solcher Erde so erschwert wird, daß nur einige Mal zu viel Wasser, oder mit anderen Worten eine stärkere Lösung der in der Erde enthaltenen Theile die jungen Wurzeln wiederum tödtet. Dieselbe Camellia wird nun in andern Gegenden in einem milden, natürlich mit Humus vermischtem Lehm (Rasenerde) mit dem besten Erfolge gezogen, und an anderen Orten würde solcher Lehm ein noch schlechteres Resultat als ungünstige Heideerde zur Folge haben. Alle diese verschiedenen Resultate der Erdmischung sind lediglich Folge davon, daß die Camellia eine Pflanze ist, welche, wie es uns scheint, Beimischung von aus der Verwitterung kalihaltiger Gesteine entstandene Erde verlangt, dagegen durch jede stärkere Beimischung von kalkhaltigen Erden in ihrem Ernährungsprozeß beeinträchtiget wird. Reiner Lehmboden (Thon- und Kieselerde) ist nun bekanntlich vorherrschend kali- und wenig kalkhaltig und wird als Mischungstheil mit Humus von wesentlich gutem Einfluß sein. Wo aber der Lehm- und Thonboden auch mit Kalk gemengt ist, oder der Waldhumus eine Beimischung von Kalk besitzt, da wird die Kultur nicht gelingen. Wo endlich die Walderde als reiner, aus kalihaltigen Pflanzentheilen gebildeter Humus mit dem Untergrund ganz unvermischt lagert, oder wo, wenn eine Vermischung stattfindet, diese nur mit Kieselerde oder kalkfreien Gesteinen stattgefunden hat, da wird auch die natürliche Walderde dem Gedeihen der Camellia günstig sein. Künstlich kann man sich eine sehr geeignete Erde für dieselbe bereiten, wenn man Erde durch Verwesung von Eichenlaub entstehen läßt, wodurch man sehr nahrhaften kalireichen Humus erhält.

Aehnlich wie die Camellia gehen bekanntlich die Epacris-Arten Neuhollands nur in wenige Walderden mit ihren Wurzeln ein, und es ist gleichsam ein Prüfstein für eine gute Heideerde, wenn eine Epacris sich darin wohlbefindet.

Wir müssen deßhalb es uns zur Aufgabe machen, den ursächlichen Grund solcher Erscheinungen zu erforschen und darnach die Auswahl der Erdarten treffen, in deren Zusammensetzung und Mischung die Wissenschaft für den praktischen Gartenbau noch unendlich viel leisten kann. Wir müssen deßhalb die Walderden je nach dem Untergrund, mit dem sie versetzt sind, sowie je nach den Pflanzen, die sie gebildet, unterscheiden. So ist z. B. die in Fichtenwaldungen lagernde Heideerde großentheils aus den abgefallenen Blättern der Fichten und Tannen entstanden und die Analyse zeigt, daß sich in der Asche der Blätter der Tannenarten fünfmal weniger lösliche Salze als in der der Eiche befindet. Daher rührt einerseits die geringere Nährkraft der Tannennadelerde im Vergleich zu der der Eichenlaub-, Buchenlauberde und

Digitized by Google

anderen, und andererseits das Vermögen der Föhre auf an Kali armem Sandboden noch ziemlich gut zu gedeihen.

Viel ärmer an Alkalien, als alle aus Laub und grünen Pflanzentheilen entstandenen Erdarten, sind die sogenannten Holz- und Stockerden, die in dieser Beziehung Aehnlichkeit mit der Torferde zeigen, und nur die der Eichen, der Ulmen, der Weiden und Buchen zeigt in dieser Hinsicht vortheilhaftere Eigenschaften; besonders arm an Salzen ist wiederum das Holz der Fichte. Der an Alkalien reichste Humus entsteht aber durch Verwesung der Stengel und Blätter unserer perennirenden Landpflanzen.

Es sind dieß alles Fingerzeige, auf welche Weise man sich am sichersten Humuserden von durchaus verschiedenem Gehalte verschaffen kann, oder wie man durch Zusatz von Asche ꝛc. den Gehalt an einzelnen nothwendigen Stoffen erhöhen kann, oder mit anderen Worten beruhet auf derartiger Verbesserung und Mischung der für den Gartenbau so wichtigen Humuserden, die einzige rationelle Düngungsmethode für alle ächten Humuspflanzen oder humusliebenden Pflanzen, welchen animalische Düngungen verderblich. Bei dem hohen Werthe, den diese und ähnliche Verhältnisse für die praktische Gärtnerei haben, hoffen wir, daß sich die Chemie derselben bemächtigen werde, um uns damit die ersten wissenschaftlichen Grundlagen zur Bereitung und Verbesserung von Humuserden für verschiedenartige Zwecke zu geben.

f. Salz- und Steppenpflanzen lieben im Boden Kochsalz. Wo dieses in geringerer Menge vorhanden, begnügen sich jedoch derartige Pflanzen mit geringen Quantitäten. Natron und Kali tritt an der Stelle desselben auf.

g. Sumpf- und Wasserpflanzen verlangen entweder Wasser nur im Untergrunde oder leben ganz im Wasser, indem nur ihre Blätter und Blüthen an die Luft emporsteigen. In Bezug auf deren Ernährung durch den Boden wissen wir noch nichts, sondern ahmen bis jetzt bei der Kultur nur die Natur so gut als möglich nach. Daß es viele Sumpf- und Wasserpflanzen gibt, denen Kalkbeimischung zum Wasser sehr verderblich, haben wir bereits erwähnt. Im Allgemeinen sind die Bodenarten, die sie bewohnen, an Alkalien und oft auch an Kalk arm, dagegen reich an Säuren und phosphorsauren Eisensalzen. Torferde und Teichschlamm sind darum in der Kultur die zweckmäßigsten Bodenarten für sie.

h. Epiphyten und Schmarotzer werden wir bei der Verrichtung der Wurzel betrachten. Schmarotzer sind jene merkwürdigen Pflanzen, welche sich ausschließlich oder doch großentheils aus von andern Pflanzen vorgebildeten schon assimilirten Säften ernähren.

§ 18. Geschichtliche Entwickelung der Ansichten über die Ernährung der Pflanzen.

Wir haben uns bei der Schilderung der Ernährung der Pflanze ganz entschieden auf die Seite derer gestellt, welche nicht von einzelnen,

Digitized by Google

oft sogar zweifelhaften Experimenten ausgehend, Schlüsse für das ganze Gewächsreich ziehen, sondern die Pflanzenwelt nehmen wie sie ist, nämlich — eben so mannigfaltig wie in ihrer äußern Gestalt und ihrer Verbreitung — eben so sehr sich in Bezug auf Ernährung den örtlichen Verhältnissen anschließend. Wir haben gezeigt, daß die Pflanzen ihre Nahrung nicht bloß aus dem Boden, sondern aus allen umgebenden Medien und namentlich auch aus der Luft beziehen, und in Folge dessen viel mehr organische Stoffe produziren, als sie aus dem Boden aufnehmen, woraus die Bildung der Humusschichten im Gebirge und Waldungen erklärt wurde. Wir haben ferner gesehen, daß es Pflanzen gibt, die lediglich durch aus der Luft aufgenommene Nahrung ihr Leben unterhalten können, daß es andere gibt, die mit Luftnahrung und anorganischen Stoffen des Bodens sich begnügen, und daß endlich die Mehrzahl zum kräftigen Gedeihen auch der organischen Nahrungsstoffe im Boden, in Form des Humus nothwendig hat, oder selbst auf diese allein angewiesen ist, oder endlich gar, wie die Schmarotzer, aus den schon vorgebildeten assimilirten Nahrungsstoffen anderer Pflanzen lebt. Außerdem sahen wir, daß es Pflanzen gibt, deren Leben noch an die Aufnahme spezieller unorganischer Stoffe gebunden, sowie daß auch das Uebertreten der gleichen organischen und unorganischen Grundstoffe in die Pflanzen in sehr verschiedenartigen Verbindungen stattfindet.

Dieser auf die Beobachtung der Lebensweise der Pflanzen in der freien Natur, sowie auf ihr Verhalten in der Kultur gestützten Anschauung stehen zwei durchaus entgegengesetzte extreme Ansichten entgegen, die sich dann wieder in verschiedene Nüancen, je nach den speziellen Erfahrungen, welche an der einen oder andern Pflanze gemacht wurden, abgliedern.

Von diesen verfocht die erste, die Ansicht, daß die Pflanze nur von den organischen Substanzen des Humus lebe, und daß die unorganischen Substanzen nur zufällig in die Pflanzen gelangten. Es ist dieses die Ansicht der älteren Physiologen, die gegenwärtig als vollständig widerlegt betrachtet werden kann.

Die zweite dagegen, deren gewichtiger Vertreter Liebig und andere Chemiker sind, nimmt an, daß alle Pflanzen nur durch das Wasser, die Luft und die anorganischen Bestandtheile des Bodens ernährt werden könnten, und daß dem Humus im Boden lediglich eine vermittelnde, aber keine ernährende Rolle zugetheilt sei, oder daß er nur durch seine Zersetzung in unorganische Stoffe der Pflanze Nahrungsstoffe zuzuführen im Stande sei.

Die erste Veranlassung zu dieser Annahme hat ein Experiment gegeben, welches schon im Jahre 1654 von Helmont gemacht wurde. Derselbe pflanzte eine fünf Pfund schwere Weide in einen Kübel mit Erde, welche letztere vollständig ausgetrocknet zweihundert Pfund wog. Nachdem dieselbe fünf Jahre in diesem Kübel gepflegt und begossen worden war, ward sie herausgenommen, die Erde abgeschüttelt und getrocknet und beides wiederum gewogen. Es ergab sich da, daß die Erde noch hundert-

Digitized by Google

achtundneunzig Pfund, die Weide dagegen hundertneunundsechszig Pfund wog. Es hatte somit in diesen fünf Jahren das Gewicht der Weide um hundertvierundsechszig Pfund zugenommen, ungerechnet den jährlichen Verlust durch das abfallende Laub, während die Erde nur um zwei Pfund abgenommen hatte.

Dieser erste rohe Versuch leistete nur den Beweis, daß die Pflanze ihre Nahrung nicht bloß aus dem Boden, sondern ebensowohl auch aus Luft und Wasser aufnimmt. Ihm folgten nun viele ähnliche mit mehr Genauigkeit angestellte Versuche von Duhamel, Saussure und in neuerer Zeit von Bousfingault, Wiegmann, Mulder.

Diese Versuche wurden in der Richtung angestellt, daß man 1. Samen in reinen geglüheten Quarzsand oder Ziegelmehl aussäete, oder auch wohl Pflanzen mit ihren zuvor gereinigten Wurzeln in die gleiche Bodenmischung einpflanzte, diese mit reinem destillirtem Wasser begoß und sie an einem Orte aufstellte, wo sie wohl der freien Luft, aber nicht dem Regen ausgesetzt waren, daß man 2. das gleiche Experiment mit Sand machte, dem künstlich alle unorganischen Bodenbestandtheile eines fruchtbaren Bodens zugesetzt wurden und daß man endlich 3. dazu vergleichungsweise einen fruchtbaren auch mit organischen Stoffen gemischten Boden wählte.

Das Ergebniß dieser Versuche zeigt uns für die erste Reihe der Versuche die Masse des Nahrungsstoffes, den die Pflanze aus der Luft und durch Zersetzung des reinen Wassers sich aneignen kann, die zweite Reihe zeigt, ob die Pflanze aus den unorganischen Stoffen des Bodens, dem reinen Wasser und der Luft, alle die Nahrungsstoffe zu ziehen vermag, welche sie zu ihrer normalen Entwickelung bedarf, und die dritte Reihe zeigt den Nutzen des Humus in Bezug auf Ernährung.

Das Resultat solcher Versuche war schwankend. Die Pflanzen zeigten überhaupt nach dem Verfahren von Nr. 1 behandelt, entweder eine sehr kümmerliche Entwickelung oder starben bald ab. Doch ergab ein Versuch mit Weizen, den Bousfingault anstellte, nach dreimonatlicher Kultur ungefähr Verdoppelung des Gewichtes der organischen Bestandtheile der getrockneten Pflanze, im Vergleich zu dem der ausgesäeten Samen. Ein zweiter Versuch mit Klee, der als kräftig entwickelte Pflanze vom Felde genommen und in geglüheten Sand gepflanzt und mit destillirtem Wasser begossen ward, stellte sich weit günstiger, indem sich hier nach zweimonatlicher Kultur das Gewicht der organischen Bestandtheile verdreifachte und normale Entwickelung, kräftige Blüthe ꝛc. zeigte.

Kräftiger schon entwickelten sich die Pflanzen bei der zweiten Reihe von Versuchen, und wenn gleich auch sie nie das normale Wachsthum zeigten, so gelang es doch, Erbsen im geglüheten Thon zum Blühen und Fruchttragen bei Verdreifachung ihres Gewichtes an organischen Substanzen zu bringen. Dagegen zeigten die Versuche, die Wiegmann mit fruchtbarer, aber von allen organischen Substanzen befreiter Ackererde in ähnlicher Richtung anstellte, kümmerliches Wachsthum und bal-

Digitized by Google

diges Absterben der Pflanzen, dagegen kräftige normale Entwickelung, wo Humus beigemischt wurde.

Noch genauer und schlagender sprechen die Versuche Mulders für die bedeutende Nährkraft der Humustheile. Namentlich bewies derselbe die direkte Nährkraft der Huminsäure ꝛc. Unbegreiflich muß es uns erscheinen, wie ein Mann wie Schleiden, der so tiefe Blicke in die Natur gethan und durch seine geistreichen Werke so viel zum bessern Verständniß der Ernährung der Pflanze beigetragen hat, von einem Experiment, das er mit einer einzelligen Wasserpflanze, dem Protococcus viridis machte, auf d..s Verhalten der Pflanzen überhaupt zurückschließen konnte. Derselbe ließ diese kleine Pflanze in gewöhnlichem Wasser, ferner in solchem, dem künstlich Kohlensäure, und endlich in solchem, dem Humusextrakt zugesetzt wurde, vegetiren. Weil nun dieses Wasserpflänzchen bei Zusetzung von Humusextrakt nicht so gut als im reinen Wasser gedieh, schließt derselbe auf die Nahrungslosigkeit des Humusextraktes auch für die höhern Pflanzen zurück.

Ueberblicken wir noch einmal diese Versuche, so haben sie im Kleinen die Erfahrung der Praxis in so weit bestätiget, daß die Pflanzen in ihrer Gesammtheit, als im Boden wurzelnde Wesen betrachtet, zu ihrer kräftigen normalen Entwickelung des Humus bedürfen, daß sie nur auf unorganische Bodennahrung angewiesen nur kümmerlich gedeihen und daß endlich dieses Verhältniß noch zunimmt, wenn sie nur auf Ernährung durch reines Wasser und Luft angewiesen sind.

Im Speziellen haben dieselben aber noch so viel als nichts geleistet, da man von Versuchen mit einzelnen Pflanzen nicht berechtigt ist, auf die Gesammtheit derselben zurückzuschließen. Diese Versuche müssen sich erst noch vergleichungsweise über sehr verschiedenartige Pflanzen, und für jede derselben in mehreren spezielleren Bodenmischungen erstrecken, bevor uns in dieser Hinsicht die Wissenschaft ein eben so klares Bild über die Nährkraft des Bodens für die mannigfachen Pflanzenformen zu geben im Stande ist, wie solches die Beobachtung der Pflanze in der freien Natur und im Kulturzustande im Garten, bereits aufgerollt hat.

Dagegen macht uns der eine erwähnte Versuch Bouſſingaults mit einer schon erwachsenen kräftigen Kleepflanze und andere ähnliche Versuche desselben auf eine andere Eigenthümlichkeit der Pflanzen aufmerksam, daß sie nämlich durch üppige erste Entwickelung gekräftigt, wirklich das Vermögen besitzen, sich aus der Luft mehr Nahrungsstoffe anzueignen, als dieß die gleichen Pflanzen thun, die sich von Jugend auf kümmerlich und ärmlich entwickelt haben. Auf dieser Eigenthümlichkeit beruht z. B. die günstige Einwirkung, die sehr kräftige Düngmittel zeigen, wenn sie schon kurz nach dem Aufgehen der Saaten unserer Kulturpflanzen angewendet werden; wie z. B. die Guanodüngung, Düngung mit Jauche ꝛc. Es ist nämlich Thatsache, daß die jungen Pflanzen verhältnißmäßig mehr Stickstoff enthalten und auch konsumiren, als ältere Pflanzen. Wird nun Stickstoff liebenden Pflanzen, wie der Mehrzahl unserer Nährpflanzen, der Stickstoff rechtzeitig durch derartige Düngung

Digitized by Google

oder kräftigen Boden reichlich verabreicht, so wird ihre erste Entwickelung außerordentlich üppig. Hierdurch wird die Pflanze befähigt, in ihrer spätern Lebensperiode einerseits mehr neue Luftnahrung in sich aufzunehmen, da sie bereits Stickstoff genug in sich enthält und an das Vorhandensein desselben in der Pflanze die größere oder geringere Energie aller Lebensverrichtungen, des Stoffwechsels ꝛc. gebunden erscheint. Andrerseits befähigt solch eine kräftigere Entwickelung aber auch die Pflanze, aus dem Boden, so dieser nur einigermaßen Nahrungsstoffe enthält, auch diese in vermehrtem Grade an sich zu ziehen und vielleicht auch das Wasser selbst leichter zu zersetzen. Daher rühren die außerordentlichen Wirkungen solcher Düngstoffe. Sowohl in dieser Eigenthümlichkeit ist die außerordentliche Wirkung solcher Düngstoffe zu suchen, sowie sie aber auch ferner gleichzeitig auf Zersetzung anderer schon im Boden enthaltener Nahrungsstoffe hinwirken. Der Boden selbst wird aber, so er nicht nebenher auch noch Humusdüngungen erhält, jährlich an Nahrungsstoffen ärmer und es werden auf dem erschöpften Boden zuletzt selbst verdoppelte derartige Düngungen nicht mehr den Einfluß auf die Vegetation zeigen, wie dieß Anfangs der Fall war.

Wie die Agrikulturchemie diese und ähnliche Erscheinungen zu Ungunsten des Humus ausgebeutet, haben wir bereits gesehen, es hat aber die Spekulation dieselbe auch noch auf eine andere Art auszubeuten versucht, nämlich durch die seiner Zeit so viel Aufsehen erregende Samendüngung von Bickes. Diese Theorie ging nun noch einen Schritt weiter, es war ihr noch zu viel, den Dünger nur mit der Hand auf dem Felde auszustreuen, sie weichte nur die Samen in flüssige stark düngende Substanzen ein. Damit ward nun allerdings auf die allererste kräftigere Entwickelung der Samenpflanzen zurückgewirkt, ein Erfolg, der sich auch auf Pflanzen, die in einigermaßen dungkräftigem Boden erzogen wurden, fortpflanzte, und daher manchen anfänglich täuschte. Brachte man aber derartige präparirte Samen auf wirklich armen Boden, so war kein Unterschied mehr in der Entwickelung von präparirten und nicht präparirten Samen zu bemerken.

Auch von den Schriftstellern, welche ähnliche Ansichten vertreten, wie wir solche am Eingange dieses Paragraphen als die unsrigen adoptirten, wird je nach der speziellen Stellung, welche sie einnehmen, je nach den speziellen Studien, welche sie gemacht haben, bald der Luft, bald dem Wasser, bald dem Boden ein vorwiegender Einfluß bei der Ernährung der Pflanze zugetheilt. So läugnet Schultz die Zersetzung des Wassers im Innern der Pflanze und läßt das Wasser selbst durchaus ungenutzt durch die Pflanze hindurchgehen. Er läugnet ferner die Aufnahme von Nahrungsstoffen aus Luft und Regenwasser oder läßt diese wenigstens ganz untergeordnet erscheinen. Er betrachtet das Bodenwasser als den einzigen Träger der Pflanzennahrung und denkt nicht an die auf Bäumen, an nackten Felsen, im sterilen Flugsande lebenden Pflanzen. Er läßt endlich diesen Ansichten getreu nur das letzte Verwesungsprodukt des Düngers und Humus, den Moder, als Humus-

Digitized by Google

extrakt ꝛc, als Nährstoffe in die Pflanze übertreten und gestattet dem flüchtigen Ammoniak gar keinen Antheil an der Ernährung an der Pflanze, und solch extreme Ansichten von einem Mann, der sonst wahrhafte Verdienste um Aufdeckung der Quellen der Pflanzennahrung hat.

Andere wieder lassen die Ernährung durch die Luft und Regenwasser eine noch wichtigere Rolle spielen, als sie in Wahrheit hat. Hierher gehören namentlich alle diejenigen, welche den Einfluß des Humus läugnen und doch etwas an die Stelle des Humus setzen müssen. Auf diese Kategorie von Erscheinungen werden von Schleiden und Liebig und deren Anhänger die hohen Erträge gesetzt, welche in Tropenländern ohne jede Düngung manche Pflanzen liefern. So liefere z. B. die Oelpalme in Guinea jährlich dreiunddreißig Millionen Pfund Palmöl, das vierundzwanzig Millionen Pfund Kohlenstoff enthalte, und diese hohen Erträge seien einzig der Luftnahrung zuzuschreiben.

Nehmen wir solche Angaben ohne allen Nachweis näherer Verhältnisse, für das was sie sind, für müßige Spekulationen geistreicher Köpfe, die für die eine oder andere Angabe eingenommen sind. Wissen wir doch, daß bei regelrechter Kultur auch die reichsten Bodenarten der Tropen nach einer Zahl von Jahren erschöpft werden und der Düngung bedürfen, so Zuckerrohrboden in Guiana nach vierzig Jahren, der Boden der Kaffeepflanzen in Java nach vierzig Jahren, der Urboden in Texas nach zwanzig Jahren u. s. f.

Zweite Abtheilung. Aufnahme wässeriger Nahrung und Verrichtung der Wurzel.

§ 13. Aufnahme der wässerigen Nahrung überhaupt, durch Wurzel und Blätter.

Die Aufnahme der im Wasser gelösten oder mit dem Wasser verbundenen Nahrungsstoffe wird bei den höheren Pflanzen nur durch die Wurzeln bewerkstelligt. Bei den niederen Pflanzen, denen die eigentliche Wurzelbildung fehlt, geschieht die Aufnahme des Wassers, sei es in flüssiger Gestalt oder in Dunstform von allen Seiten. Bei diesen Pflanzen, von den Pilzen bis zu den Moosen aufwärts, kommt entweder gar keine Wurzelbildung vor, oder es treten bei ihnen an die Stelle der Wurzeln größere oder kleinere warzenförmige Hervorragungen oder wurzelähnliche Organe, mit denen sie sich an andere Gegenstände befestigen, und die Aufnahme von Nahrungsstoffen ebenfalls bald in größerem, bald im geringerem Grade vermitteln. Das erstere Verhältniß findet z. B. bei manchen Schmarotzerpilzen, bei einer Zahl von Moosen u. s. f. statt; im Allgemeinen dürften jedoch diese Organe die Aufnahme von Nahrungsmitteln in nicht höherem Grade vermitteln, als dieß auch durch die an der Oberfläche liegende Zellschicht der andern Theile dieser Pflanzen geschieht. Die oberflächlichste Zellschicht ist nämlich nicht wie bei den höheren Gewächsen durch eine vom Wasser undurchdringbare Oberhaut geschützt, auf welcher Eigenthümlichkeit es z. B. beruht, daß ganz zu-

Digitized by Google

sammengetrocknete Moose, Flechten und Algen, mit Wasser benetzt, sehr schnell wieder Wasser aufnehmen und ein frisches lebendiges Aussehen zeigen. Da wo die äußerste Zellschicht sehr locker, mag vielleicht auch das Wasser durch die Spaltöffnungen gleich bis ins Innere dieser Pflanzen dringen.

Mit dem Auftreten von Gefäßen, in den höheren Gefäßcryptogamen (Farren ꝛc.), und den blüthetragenden Pflanzen überhaupt, scheidet sich auch Wurzel- und Stengelbildung schärfer, und die Wurzel übernimmt nur noch allein das Geschäft der Aufnahme wässeriger Nahrungsstoffe. Allerdings nahmen alle älteren Physiologen, und mit ihnen auch die der neueren Zeit an, daß auch die höheren Pflanzen, durch die Blätter etwas Wasser oder doch Wasserdünste aufzunehmen im Stande seien, und erklärten hieraus die wohlthätige erfrischende Wirkung des Thaues, des Ueberspritzens welker Pflanzen u. s. f. — Zu dieser Annahme hatte die Beobachtung geführt, daß welke Pflanzen in eine mit Wasserdünsten stark geschwängerte Atmosphäre gebracht, sich bald erholten, ja daß selbst abgeschnittene Pflanzentheile, denen man die Schnittfläche verklebte, die gleiche Erscheinung zeigten. Besonders aber waren es die Versuche, welche Stephan Hales, Mr. Miller, Ch. Bonnet, L. Ch. Treviranus und andere in dieser Richtung veranstalteten, die jene Annahme veranlaßten. Es sind diese Erscheinungen jedem Gärtner bekannt genug. Wenn z. B. Pflanzen in sehr trockenem Zustande von einem weitern Transport ankommen, und man bringt sie in ein feuchtwarmes Mistbeet oder Warmhaus an einen ganz schattigen Platz, so erholen sich die erschlafften Blätter und hängenden Triebe, ohne daß man die Pflanzen zu begießen braucht. Diese Erscheinung kann nun ihre Erklärung schon darin finden, daß die Erde der Ballen Feuchtigkeit aus der Luft auffsaugt und die fernere Ausdünstung der Blätter gänzlich unterdrückt wird. — Wenn nun aber ein abgeschnittener welcker Zweig, dessen Schnittfläche man wasserdicht verklebt, unter ähnlichen Verhältnissen, oder mit Wasser besprengt und unter eine Glasglocke gelegt, ebenfalls wieder frisch und saftervüllt wird, so schien dieses allerdings zur Annahme zu berechtigen, daß die höheren Pflanzen auch durch die Blätter Wasser oder Wasserdünste aufnehmen könnten.

Man schloß daher von dieser Annahme weiter, man erklärte sich die Erhaltung der während der trockenen Jahreszeit oft auf ein Minimum von Wasser beschränkten Pflanzen der regenlosen Zone der Tropen, wie z. B. der Cacteen durch Aufnahme von Wasser aus der Luft, man schrieb die vortheilhafte Einwirkung der starken Thaue in den heißen Ländern auf die gleiche Rechnung, und erklärte eine Menge ähnlicher Erscheinungen auf analoge Weise. Zweifelhaft war man nur, ob man das Geschäft der Wasseraufnahme den Spaltöffnungen oder den warzenförmigen Hervorragungen, Haaren ꝛc. zu übertragen habe; die erstere Ansicht vertrat Humboldt und andere, zur Vertheidigung der letzteren Ansicht schrieb Schrank eine größere Abhandlung.

Aufklärung in dieser Hinsicht, wie überhaupt in so vielen andern

Digitized by Google

Punkten die Lebensweise der Pflanzen betreffend, verdanken wir den Versuchen Unger's. Bei diesen Versuchen nahm derselbe Bedacht darauf, daß den Blättern die Zufuhr von Wasser in Dunstform möglichst erleichtert werde, aber andrerseits Wasserdünste und Wasser ebenso sorgfältig von den Wurzeln entfernt gehalten würde.

Herr Unger machte seine Versuche in doppelter Richtung, indem er in einer ersten Reihe von Versuchen beblätterte Zweige, deren Schnittfläche sorgfältig durch einen passenden Kitt verklebt wurde, einer mit Wasserdämpfen sattsam erfüllten Atmosphäre kürzere oder längere Zeit aussetzte; in einer zweiten Reihe von Versuchen benutzte derselbe ganze Pflanzen sammt der Erde, in der sie wuchsen, jedoch in der Weise, daß nur Stengel und Blätter, nicht aber zugleich auch die Wurzeln mit der feuchten Luft in Berührung kommen konnten.

Bei beiden Reihen von Versuchen wurden sorgfältige Wägungen vorgenommen, und wenn gleich abgeschnittene Pflanzentheile oder ganze Pflanzen, die unterm Einfluß einer trockenen Wärme und Sonnenschein welk geworden waren, unter Glasglocken in feuchte Luft gebracht, bald wieder frisch und steif wurden, so zeigten sie nichts desto weniger keine Zunahme, sondern stets Abnahme von Gewicht. Die von seinen Versuchen abweichenden Resultate von H. Hales und Miller, erklärt Unger durch folgende Ursachen: 1. war das Gewicht nicht genau genug; 2. ward bei ganzen zu solchen Versuchen verwendeten Pflanzen der Topf und die Erde nicht sorgfältig genug von der Luft abgeschlossen. Will man in dieser Hinsicht sicher sein, so muß der Erdballen oder der zum Versuche verwendete Topf in einen zweiten aus Glas oder gut glasirten eingeschlossen und vollständig luftdicht durch gute Verkittung und Glasplatten auch nach oben abgeschlossen werden; 3. zeigten Unger's Versuche, daß Pflanzen die Verwundungen zeigen, sei dieses durch frisch abgefallene Blätter, sei es durch Risse in der Rinde, allerdings befähigt sind, mittelst solcher Verletzungen Wasserdünste mit dem bloßgelegten Gewebe aufzusaugen. So erhielt derselbe bei einem Zweig mit rissiger Rinde von einer Camellie Gewichtszunahme, dagegen Abnahme von Gewicht, nachdem die Rinde mit Wachs verklebt worden war. Ebenso eine geringe Gewichtszunahme bei einem Zweig von **Sparmannia**, dem ein Blatt frisch abgefallen war; 4. müssen auch die Niederschläge in Form von Wasser auf derartige Versuchspflanzen aus der Luft in Abzug gebracht werden.

Unter solchen Vorsichtsmaßregeln nahm ein Zweig von **Sparmannia africana**, der welk unter eine Versuchsglocke gebracht, 7,417 Grammen wog, bald wieder die natürliche Steifheit seiner Blätter an, verlor aber dennoch binnen fünfzehn Tagen 1,312 Grammen an Gewicht. Abgeschnittene Zweige von Saftpflanzen und Cactus zeigten ebenfalls Gewichtsverlust, aber in viel geringerm Grade. Bei ähnlichen Versuchen mit ganzen Pflanzen fand ebenfalls fortwährende Gewichtsabnahme, nicht bloß zur Tageszeit, sondern selbst auch zur Nachtzeit statt, nur während der Nacht in sehr vermindertem Grade.

Digitized by Google

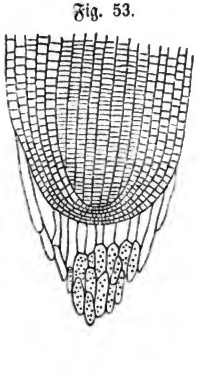
Es geht mithin aus diesen Versuchen von Unger mit vollständiger Klarheit hervor, daß die Blätter der Pflanzen in ihrer normalen Funktion kein Wasser, weder in flüssiger Gestalt, noch in Dunstform aufnehmen, sondern daß sie selbst in feuchter Atmosphäre noch Wasser abgeben. Die Erscheinung der Wiedererlangung der Turgescenz von welken Pflanzentheilen in feuchter Atmosphäre beruht mithin auf theilweise unterdrückter Ausdünstung und Nachdringen von Stoffen aus Stengel und Wurzel.

§ 14. Theile der Wurzel, welche die Aufnahme vermitteln.

Nachdem wir nun gesehen, daß flüssige Nahrungsstoffe nur durch die Wurzel aufgenommen werden, so zeigt eine fernere Untersuchung, daß zwar die Wurzel überhaupt ihrer ganzen Länge nach das Vermögen besitzt, Wasser einzusaugen, daß dieses Geschäft aber ganz besonders den jüngsten Theilen der Wurzeln, den Faserwurzeln zukommt, und daß es an diesen wieder vorzüglich die Wurzelspitze, auch Wurzelschwämmchen genannt, sowie die kleinen Wurzelhaare sind, welche die Aufnahme vermitteln. Um sich hiervon zu überzeugen, nehme man nur einige Pflanzen möglichst vollständig mit ihren Wurzeln aus dem Boden, stelle die einen mit allen ihren Wurzeln ins Wasser, die andern aber in der Weise, daß nur die älteren Wurzeln unters Wasser kommen, dagegen die jüngsten Wurzeln und Wurzelspitzen nicht eingetaucht werden, sondern über den Rand des Gefäßes herabhängen. Der Erfolg, daß die ersteren Pflanzen fröhlich weiter vegetiren, die anderen aber entweder welk werden und absterben, oder wenigstens nicht eher sich erholen, bis sie neue Saugewurzeln zu bilden beginnen, leistet genügenden Beweis für diese Ansicht.

Wir haben S. 78 den Bau der Wurzel kennen gelernt und gesehen, daß sie wie die Stengelorgane mit Oberhaut besetzt ist, die aber keine Spaltöffnungen besitzt, und nur die Wurzelspitzen, so wie die seitlich aus der Oberhaut entspringenden Wurzelhaare von derselben nicht überkleidet sind und ihnen folglich allein das Geschäft des Auffangens der Feuchtigkeit mittelst der Endosmose zukommen kann. Wir geben beistehend (Fig. 53) den stark vergrößerten Durchschnitt einer Wurzelspitze vom Weizen (Triticum vulgare) nach Wiegand, an dessen Spitze die äußersten losen Zellschichten zu sehen sind, welche die wachsende Wurzel von Zeit zu Zeit als Wurzelhäutchen abstößt. Dieses junge zarte Zellgewebe ist es, welches den rohen Nahrungssaft von außen aufnimmt, den nächsten Zellschichten und den zentralen in die Wurzelspitze mündenden gestreckten Zellen und Gefäßen des Holzkörpers zum Emporführen in der Wurzel mittheilt. — Ob die Ansicht, welche den seitlichen Wurzelhaaren, die Aufnahme von Gahsen (Kolensäure, Sauerstoff und Ammoniak)

Fig. 53.



Digitized by Google

vinoizirt, richtig ist, dafür liegt noch kein direkter Beweis vor; das häufige Auftreten solcher seitlicher Wurzelhaare in lockeren Bodenarten macht jedoch diese Ansicht wahrscheinlich. Auch eine Beobachtung Unger's zeigt, daß sich die Wurzelhaare, wenigstens bei der Aufnahme von Flüssigkeiten, jedenfalls nicht in dem Grade betheiligen wie die Wurzelspitze. Unger sah nämlich bei verschiedenen Versuchen, welche er über die Aufnahme von gefärbten Säften durch die unverletzte Pflanzenwurzel machte, in den wenigen Fällen, wo diese Aufnahme überhaupt stattfand, die gefärbten Säfte nur durch die Wurzelspitze und nicht durch die Wurzelhaare eintreten.

Eine eigenthümliche noch nicht genügend erklärte Erscheinung ist es, daß in leichten sandigen oder humösen Bodenarten die gleichen Pflanzen viel mehr Zaserwurzeln und Wurzelhaare bilden als in schweren bindigen oder in sehr nahrhaften dungreichen Bodenarten. Es scheint, als sei dieß eine Eigenthümlichkeit, welche in weniger nahrhaftern Bodenarten durch Bildung vermehrter Aufsaugungsorgane, gleichsam das zu ersetzen trachtet, was der Boden nicht in so reicher Fülle zum Leben bietet, wodurch alle aus der Luft in den Boden übergehenden Nahrungstheile vollkommner absorbirt werden können. Aehnliche Eigenschaften zeigen zuweilen auch Wurzeln, die im Wasser wachsen.

Im Allgemeinen scheint diese Eigenthümlichkeit an möglichst vollständige Zirkulation der atmosphärischen Luft und reichliche Kohlensäurebildung gebunden zu sein, welche nebst dem Wasser Stoff genug zur Bildung junger Wurzeln liefert, während da, wo Stickstoff und unorganische Bestandtheile in reichlicher Menge vorhanden sind, diese vereint mit den organischen Stoffen schneller emporgeführt und zu kräftiger Neubildung verwendet werden. Mit dieser Eigenthümlichkeit geht das schmächtigere weniger gedrungene Wachsthum, und höchst wahrscheinlich geringerer Gehalt an Stickstoff und anorganischen Stoffen, der oberirdischen Theile der Pflanze parallel; sowie sich auch aus dieser Eigenthümlichkeit der größere Wasserverbrauch der Pflanzen, die in leichten Böden stehen, erklärt. Wir werden später noch Gelegenheit haben, den Einfluß des Sauerstoffes der Luft auf die Wurzeln kennen zu lernen.

Jedermann bekannt ist diese Erscheinung bei Topfgewächsen, welche längere Zeit nicht versetzt an der innern Wandung der Töpfe jenen eigenthümlichen dichten Wurzelfilz bilden, den man beim Verpflanzen, ohne der Pflanze Schaden zu thun, großentheils entfernen kann. In Baumschulen spielt sie insofern eine nicht unwichtige Rolle, als die Bäume und Sträucher in schweren kräftigen Bodenarten im Allgemeinen längere, weniger verästelte Wurzeln bilden, als dieß im leichteren, mit Humus versetzten Boden der Fall ist. Da es nun aber beim Versetzen von Bäumen und Sträuchern des freien Landes eine Grundbedingung zum sichern Gelingen dieser Operation ist, daß zahlreiche, möglichst gut erhaltene Zaserwurzeln vorhanden, so geht daraus der Nutzen eines leichteren Bodens hervor. Ueberhaupt wird das Verpflanzen größerer und kleinerer Bäume und Pflanzen stets um so sicherer ge-

Digitized by Google

lingen, je sorgfältiger man bemüht ist, denselben beim Herausnehmen ihre Zaserwurzeln zu erhalten und je mehr man sich hütet, diese nicht etwa vor dem Pflanzen erst noch absterben zu lassen. In dieser Hinsicht vorsichtig versetzte Pflanzen, deren Saugewurzeln beim Einpflanzen sorgfältig ausgebreitet und mit Erde gedeckt werden, wachsen sogleich freudig weiter; ihrer Zaserwurzeln beraubte stocken im günstigsten Falle so lange im Wachsthume, bis wieder junge Wurzeln gebildet sind, oder sterben ganz oder theilweis ab. Sie sind genöthigt, bis zur Bildung neuer Wurzeln die Nahrung mittelst der beim Verpflanzen entstandenen Wunden aus dem Boden aufzunehmen, welche zu diesem Zwecke mit einem scharfen Messer zuvor glatt geschnitten werden. Dabei wird der rohe Nahrungssaft nicht erst durch das zarte, die Wurzelspitzen umgebende Gewebe in die Form gebracht, in welcher es zum Aufsteigen im Holzkörper geeignet, sondern wird theilweise direkt vom geöffneten Holzkörper der Wurzel aufgenommen, wodurch eine Menge von Störungen im Wachsthum bedingt werden müssen.

Es ist dieß auch einer der Gründe, weßhalb das Verpflanzen von Bäumen und Sträuchern des freien Landes besser zu einer Zeit bewerkstelliget wird, wo sie nicht in Vegetation sind, d. h. wo sich ihr Leben mehr nur auf Vorgänge im Innern ihres Gewebes beschränkt, und in Folge dessen nur wenig Nahrungssaft emporgeführt wird. Die verletzten Wurzeln erhalten dadurch Zeit zu vernarben, d. h. ihre Wunden mit jungem Zellgewebe (Callus) zu decken, welches dann beim Beginn des Triebes die Funktion der Wurzelspitzen zu übernehmen im Stande ist. — Man hat in dieser Beziehung in neuester Zeit den Verschluß der Wunden der Wurzeln mit Guttapercha empfohlen und angewendet. Hierdurch wird aber die Aufnahme durch die Wurzelenden ganz verhindert und oft nicht vortheilhaft auf das Gedeihen der Pflanze zurückgewirkt. Zweckmäßiger schon ist das Eintauchen von ganz von Erde entblößten Wurzeln in Lehmwasser. Die sich ansetzende Lehmschicht scheint hier ähnlich einem Filter zu wirken und die Aufnahme allzu condensirter Stoffe auszuschließen. Dieses Verfahren wird z. B. beim Einpflanzen von Pflanzen aus dem freien Lande, die keinen Ballen halten, wie bei der Winterlevkoie, dem Lack und anderen, mit Vortheil angewendet.

Von dem für die höhern Pflanzen allgemein gültigen Gesetz, daß sie den rohen Nahrungssaft nur mittelst der Wurzeln aus dem Boden aufnehmen, kommt nur eine, ebenfalls allgemein gültige, aber nur scheinbare Ausnahme, bei der Entwickelung der Samen vor. Bei diesen geht nämlich die erste Entwickelung lediglich auf Kosten der im Samen enthaltenen Nahrungsstoffe vor sich und wo ein Eiweißkörper die Keimpflanze umschließt, saugen die Samenblätter die Nahrungsstoffe des Eiweißes auf und führen sie der jungen Keimpflanze zu. Scheinbar ist diese Ausnahme nur, weil eben die Samenblätter der jungen Keimpflanze schon im Samen die Bestimmung haben, unmittelbar durch die in ihnen aufgespeicherten Nahrungsstoffe, oder mittelbar auf dem eben erwähnten Wege die Entwickelung der jungen Keimpflanze bis zu dem

Digitized by Google

Grade zu befördern, wo sie im Stande ist, mittelst der Wurzel ein durchaus selbstständiges Leben zu beginnen und also in dieser Hinsicht die Samenblätter mit andern Blättern nicht verglichen werden können.

§ 15. Funktionen der Luftwurzeln und Ernährung der Epiphyten.

Wenn wir nun nicht im Zweifel sein können, daß durch Wurzeln, welche sich in der Erde, im Schlamme, im Wasser ausbreiten, die Aufnahme der Nahrungsstoffe vermittelt wird, so könnte es allerdings in Zweifel gezogen werden, ob die von der Pflanze in die Luft entsendeten Wurzeln, Luftwurzeln genannt, die Fähigkeit besitzen, für sich allein die Pflanze zu ernähren. Wir haben schon bei Besprechung von Wasser, Luft und Boden jener eigenthümlichen Pflanzen wiederholt erwähnt, welche des Bodens zu ihrer Nahrung gar nicht oder doch nur in geringem Grade bedürfen und mittelst Wurzeln, die einen ganz andern Bau als die im Boden lebenden Wurzeln besitzen, ihre Nahrung aus der Luft aufsaugen. Von ihrem Standort auf den Aesten und Stämmen anderer Pflanzen haben sie den Namen Epiphyten oder fälschlich auch wohl den Namen Schmarotzer erhalten. Es ist hier der Ort, diese Pflanzen und ihre Lebensverhältnisse etwas einläßlicher zu besprechen.

Bei Betrachtung der Luftwurzeln überhaupt (Seite 78) sahen wir schon, daß dieß die einzigen Wurzeln sind, bei denen Spaltöffnungen vorkommen. Wir sahen ferner, daß außerdem die Luftwurzeln der epiphytisch lebenden Orchideen, vieler Aroideen ꝛc., nach Außen noch von einer Schicht luftführender Zellen umgeben sind, deren Membranen aus zierlichen Spiralfasern zusammengesetzt erscheinen und daß nur die grünlichen Wurzelspitzen von dieser Hülle durchaus frei sind. Diese sie umgebende Schicht von Zellen hat man Wurzelhülle genannt.

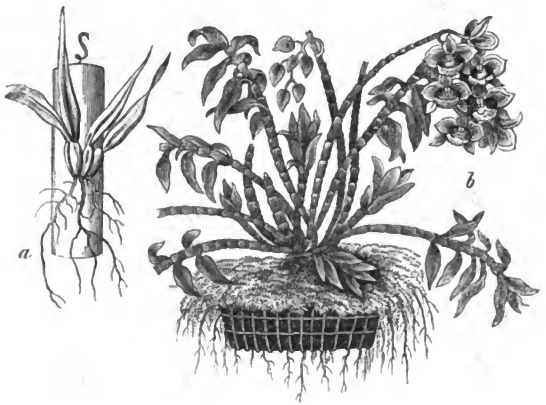
Den entschiedendsten Typus der Epiphyten bilden die tropischen Orchideen, jene herrlichen Pflanzen mit ihren phantastisch gefärbten Blumen, welche in ihren Formen und Bildungen oft ebenso bizarr, bald Schmetterlingen, bald Insekten, bald dem Kopf von Thieren ꝛc. ähneln.

Ihrer großen Mehrzahl nach leben dieselben in den feuchten Urwaldungen der Bergregion der Tropenländer, wo während des größten Theils des Jahres die Luft mit Wasserdünsten in reichlichem Maaße erfüllt ist, wo die verwesenden Reste der Pflanzen und Thiere die Luft auch noch außerdem mit Kohlensäure und Ammoniak in reichlicher Menge versehen. Unter solchen Verhältnissen siedeln sich dieselben auf den Aesten und Stämmen der Bäume an, durch ihre fleischigen Stengel oder festen saftigen Scheinknollen eben so sehr gegen die Trockenheit geschützt, wie durch ihre langen Luftwurzeln zur Aufnahme von Feuchtigkeit aus der Luft befähiget. Früher glaubte man, es ließen sich diese Pflanzen unseren Kulturen gar nicht unterwerfen. Durch genaue Beobachtung ihrer Lebensverhältnisse und getreue Nachahmung derselben ist es jedoch mög-

Digitized by Google

lich geworden, dieſelben jetzt maſſenhaft in eigenen Gewächshäuſern zu kultiviren, wo hohe Wärmegrade und ſehr feuchte Atmoſphäre unterhalten wird. Hier hängt man dieſelben entweder einfach an ein Stück Holz befeſtigt auf, wie dieß Fig. 54 a zeigt, wo ſich die Wurzeln theils ans Holz befeſtigt, theils

Fig. 54.

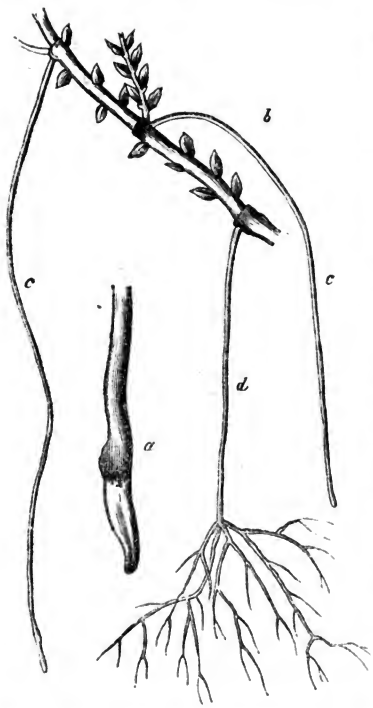


mit den Spitzen frei in die Luft hineinragen, oder man pflanzt ſie in durchbrochene Töpfe, Näpfe oder Körbe, aus denen dann nach allen Seiten die Wurzeln frei in die Luft hinabhängen, wie dieß Fig. 54 b zeigt. Die gewöhnliche Annahme geht nun dahin, daß die eigenthümliche Hülle von luftführenden Zellen, welche jene Wurzeln umgibt, das Mittel würde, wodurch dieſelben die Feuchtigkeit der Luft an ſich ſaugen könnten. Meyen ſtellte nämlich die durch nichts begründete Hypotheſe auf, daß ſpiralige Struktur der Zellmembran überhaupt, die Eigenſchaft derſelben Waſſerdünſte an ſich zu ſaugen begründe. Es iſt dieß eine Hypotheſe, die wie es ſcheint nur dazu aufgeſtellt iſt, um die Ernährung der Epiphyten zu begründen.

Betrachten wir die Wurzel einer im lebhaften Wachsthum begriffenen Orchidee, ſo ſehen wir dieſelbe ihrer ganzen Länge nach mit jener Schicht weißlicher trocken anzufühlender, abgeſtorbener, luftführender Zellen überkleidet. Nur die Spitze der Wurzel iſt auf eine Länge von $^1/_4$ bis 1 Zoll von dieſer Wurzelhülle nicht umkleidet, und zeichnet ſich durch ihre grünliche oft faſt durchſichtige Färbung aus. Fig. 55 a ſtellt den untern etwas vergrößerten Theil einer ſolchen Luftwurzel dar. Die Wurzelhülle entſteht nun einfach durch Abſterben der oberſten Zellſchichten, verhält ſich alſo in dieſer Hinſicht ähnlich wie die äußerſten ab-

Digitized by Google

Fig. 55.



gestorbenen Rindenschichten, oder wie das von Zeit zu Zeit von im Boden lebenden Wurzeln abgestoßene Wurzelhäutchen. Sie waren in ihrer Jugend mit Saft erfüllt und wurden während des lebhaftesten Wachsthums saftleer, eine Eigenschaft, die sich doch gewiß nicht aus einer besonderen Einsaugungsfähigkeit dieser Zellmembranen erklären läßt.

Beachten wir nun ferner die Erscheinung, daß die nackten Wurzelspitzen jeder lebhaft wachsenden Orchidee um so kräftiger und stärker ausgebildet, je lebhafter gerade das Wachsthum, — daß ferner bei allen im Ruhezustand befindlichen Pflanzen diese Spitzen entweder ebenfalls sich mit einer Wurzelhülle umkleiden oder ganz absterben, — und daß mit dem neu beginnenden Triebe auch zunächst an der Spitze und bei vielen Arten auch längs der Wurzel eine Menge seitlicher Wurzelspitzen hervorbrechen, — da erscheint kein anderer Schluß als der gerechtfertiget, daß auch die Luftwurzeln das dunstförmige Wasser der Atmosphäre vorzüglich mit ihrer wachsenden Spitze aufnehmen. Die Wurzelhülle hat dagegen wohl mehr nur die Aufgabe, die Wurzeln sowohl während der trockenen Zeit und zur Zeit der Ruhe vor dem Vertrocknen zu schützen, sowie ferner die Aufgabe der Spaltöffnungen, nämlich freie Zirkulation der atmosphärischen Luft in das Innere der Wurzel zu vermitteln, und dadurch zugleich die Aufnahme luftförmiger Nährstoffe zu veranlassen. Damit wollen wir nun zwar der Wurzelhülle nicht die Fähigkeit absprechen, dunstförmiges Wasser an sich zu saugen, nur glauben wir, daß sie sich in dieser Hinsicht ganz ähnlich verhält wie andere Wurzeln, welche mit ihren Wurzelspitzen den größten Theil der flüssigen Nahrung und mit den Seitenflächen nur sehr wenig aufnehmen. In dieser Ansicht bestärkt uns das Verhalten der wachsenden grünen Spitze,

Digitized by Google

welche alsbald vertrocknet, wenn die Pflanze für einige Zeit in eine ihrem Wachsthum ungünstige trockene Atmosphäre gebracht wird, also ganz wie dieß auch die Wurzelspitzen der im Boden wurzelnden Pflanzen zeigen, sowie daß die Wurzeln der epiphytischen Orchideen, auch jene luftführende Zellschicht bilden, selbst wenn sie in den Boden eindringen, wo ihnen mittelst derselben stets eine Luftatmosphäre rings um die Wurzel erhalten wird. Dagegen bilden alle jene Luftwurzeln, welche eigentlich nur von den Pflanzen ausgesendet werden, um sich, wo sie geeigneten Grund finden, im lockern Humus des Bodens, an faulenden Stämmen, feuchten Felswänden ꝛc. zu befestigen, jene Wurzelhülle nicht, verästeln sich nur höchst selten in der Luft, sondern steigen einfach abwärts bis sie Grund finden, wo sie haften können. Hier bilden sie alsobald, wie die Luftwurzeln vieler Aroideen, zahlreiche Wurzelhaare, oder verästeln sich mehr oder weniger im Boden. Fig. 55 b ist eine Selaginella Galeotti mit solchen Luftwurzeln. Von diesen haben die Wurzeln c c den Boden noch nicht getroffen und sind in Folge dessen einfach geblieben. Die Wurzel d dagegen hat sich da, wo sie auf den Boden traf, sogleich stark verästelt und andern Wurzeln ähnliche Wurzeläste ꝛc. ausgebildet.

Hiernach verhalten sich die epiphytisch lebenden Pflanzen unter sich auch sehr verschieden. Die einen, wie eine große Zahl von Orchideen und Bromeliaceen, können wirklich leben und kräftig existiren, ohne irgend eine Bodennahrung zu erhalten; die andern dagegen, wie gerade die Aroideen, sind zugleich auch, ähnlich unserm Epheu, auf Bodennahrung angewiesen, sei es nun, daß sie solche an feuchten Felswänden, im tiefen Humus der Urwaldungen oder an faulen Baumstämmen finden. Interessant sind in dieser Hinsicht die Versuche, welche Unger in neuerer Zeit anstellte. Aus einem solchen mit Anthurium violaceum resultirte eine ansehnliche Abnahme an Gewicht, wenn dieses lediglich auf die Aufnahme von Nahrung mittelst Luftwurzeln beschränkt wurde. Herr Unger machte diesen Versuch, indem er den Topf, in welchem die Pflanze lebte, in einen Glastopf einsenkte und nach oben mittelst einer Glasplatte hermetisch verschloß. Während der ganzen Dauer des Versuches fand eine stetige gleichförmige Abnahme des Gewichtes der ganzen Pflanze statt. In den ersten vier Monaten vegetirte dieselbe noch kräftig, bildete noch neue Luftwurzeln. Dann aber wurden die Blätter welk und die Pflanze erhielt das matte Aussehen einer nicht gehörig ernährten Pflanze. Bei Beendigung des Versuches, nach 294 Tagen war die Erde des eingeschlossenen Topfes noch feucht und die Pflanze hatte im Ganzen 205 Grammen Gewichtsverlust erlitten. Aehnliche Versuche von nur auf Luftnahrung angewiesenen Epiphyten, von denen ein Ast an ein Stück Holz befestigt im Gewächshaus aufgehängt ward, ergaben dagegen Verdoppelung des Gewichtes schon nach Jahresfrist, welche hier lediglich auf Kosten der Luftnahrung stattgefunden.

Die nur auf Luftnahrung angewiesenen Epiphyten sind auf die Aufnahme von Kohlensäure, Wasserdampf, Regenwasser und von mit

Digitized by Google

dem Regenwasser herabkommendem Ammoniak und Salpetersäure beschränkt. Außer der gewöhnlichen Aufnahme dieser Stoffe, gebunden an Wasser oder Wasserdampf, kommt hier aber höchst wahrscheinlich noch die Aufnahme von Sauerstoff, Kohlensäure und Ammoniak in Gasform durch die Wurzel vor, und die Aufnahme dieser Stoffe dürfte vielleicht die Wurzelhülle vornehmlich vermitteln. In welcher innigen Beziehung diese Pflanzen zur umgebenden Luft stehen, das zeigt am deutlichsten die schnelle und wohlthätige Wirkung, welche eine Luftdüngung mit Ammoniak in Orchideenhäusern auf das kräftigere Wachsthum und dankbarere Blühen dieser Pflanzen hervorbringt. Zu diesem Zwecke legt man kleine Quantitäten kohlensauren Ammoniaks in offenen Gefäßen im Orchideenhause hin. Unterm Einfluß der feuchten Luft verflüchtiget sich derselbe bald und hat dunkleres Grün, freudigeres Wachsthum und ganz besonders dankbareres Blühen zur Folge. Es ist dieß mithin ein Fall, wo Ammoniak sicherlich in reiner Gestalt aufgenommen wird, er bethätigt zugleich aber auch die Erfahrung, daß Aufnahme reinen Ammoniaks nur in sehr geringem Maaße stattfinden darf, wenn dieselbe nicht schädliche Folgen haben soll. Denn sobald man dabei nicht mit Vorsicht verfährt und für ein mäßig großes Orchideenhaus mehr als zwei Loth auf einmal zum Verflüchtigen hinlegt, so ruft dieß Krankheitserscheinungen hervor. Ganz besonders ist dieß der Fall, wenn man derartige Luftdüngung bei starkem Sonnenschein anwendet, wo die Aufnahme gasförmiger Stoffe immer in erhöhtem Maaße stattfindet, weßhalb man während der Sommermonate noch kleinere Portionen zu diesem Zwecke verwenden muß. In noch unschädlicherer Form kann man eine derartige Luftdüngung anwenden, wenn man in einem Gefäße Jauche, die erst noch mehr faulen soll, ins Gewächshaus stellt, nur ist dann der Geruch unangenehm. Ob endlich dieses Ammoniak nur mit Wasserdunst verbunden von den Luftwurzeln aufgenommen wird, oder ob es auch in Luftform übergeführt wird, darüber fehlen noch alle direkten Erfahrungen, doch scheint wenigstens ein großer Theil mit Wasser verbunden aufgenommen zu werden.

Wir hätten hier also, außer den zahlreichen niederen Pflanzenformen, wie den auf den Bäumen lebenden Flechten, Moosen ꝛc., auch eine Gruppe höher organisirter Pflanzen kennen gelernt, die ohne jede anorganische Nahrung lediglich nur von organischen Stoffen leben. Auch diejenigen Epiphyten, die sich gerne an solchen Orten ansiedeln, wo sich etwas Humus gebildet, suchen doch vorzugsweise alte faulende Baumstämme und überhaupt einen sehr lockern, aber an anorganischen Stoffen armen Humus auf. In Kultur verwendet man eine möglichst lockere, aus halbfaulem Holz, Moos und Torfbrocken gemischte Erde für sie, um einestheils die vollständigste Luftzirkulation im Innern des Ballens zu veranlassen und andrerseits möglichst wenig anorganische Stoffe als Nahrung zu bieten. Wird die Luftzirkulation im Innern des Ballens unterbrochen, so sterben die eingedrungenen Wurzeln sofort ab. Wird dieselbe aber durch besagte Erdmischung und Unterlagen im höchstmög-

Digitized by Google

lichsten Grade hergestellt, so zeigen auch alle diejenigen, welche in ihrem Vaterlande lediglich auf Luftnahrung beschränkt sind, besseres und kräftigeres Wachsthum, wenn ihnen außer der Luft in Kultur auch noch die Erde eine Quelle von organischen und sehr wenigen anorganischen Nahrstoffen bietet.

§. 16 Die Parasiten und Wachsthum ohne Wurzeln.

Eine andere in Bezug auf Ernährung nicht minder interessante Pflanzengruppe, bilden die ächten Parasiten, welche aus den, von andern Pflanzen vorgebildeten Nahrungssäften und zwar auf Kosten der Pflanze, auf der sie leben, sich ernähren. Während die Epiphyten sich lediglich mit ihren Wurzeln auf andern Pflanzen befestigen, ihre Nahrung aber aus der Luft aufnehmen, so dringen die Parasiten oder Schmarotzer mit ihrem Wurzelende oder mit Saugwarzen des Stengels oder der Wurzel in das Gewebe der Nährpflanze ein und setzen sich mit demselben in solche unmittelbare Verbindung, daß die Säftemasse der Nährpflanze unmittelbar in den Schmarotzer übertreten kann. Eine durchaus gleiche Art der Ernährung findet z. B. statt, wenn wir künstlich Augen oder Reiser, mittelst des Pfropfens und Okulirens auf andere Pflanzen setzen und es sind, genau genommen, solche Edelreiser künstlich aufgesetzte Schmarotzer.

Die Schmarotzergewächse verhalten sich unter sich insofern unter einander verschieden, als es solche gibt, die sich durchaus ähnlich den Edelreisern verhalten, indem sie sich ausschließlich aus den Säften der Nährpflanze ernähren, während es wiederum andere gibt, die nur theilweise sich auf diese Weise und theilweise durch besondere Wurzeln ernähren.

Sie haben ihre Repräsentanten in den verschiedenartigsten Pflanzenfamilien, und nur die der niedrigsten Familien, die Schmarotzerpilze, sind oft an wenige bestimmte Nährpflanzen gebunden, während die höheren Schmarotzer sich allenthalben da ansiedeln, wo ihr Same auf den Aesten und Stämmen anderer Pflanzen keimt. Wir brauchen hier kaum noch zu erwähnen, daß die ältere Ansicht, welche den Samen der Schmarotzer den Embryo und folglich auch die Keimfähigkeit absprach, und diese Pflanzen, Mißbildungen ähnlich, beliebig aus andern Pflanzen entstehen ließ, für alle höhern Pflanzen bereits direkt widerlegt ist und daß nichts dabei auffallen kann, als daß selbst ein so tüchtiger Beobachter wie Meyen, eine derartige Ansicht vertheidigen konnte.

Die Schmarotzerpilze und deren Vegetationsverhältnisse werden wir bei den Pflanzenkrankheiten kennen lernen. Unter den blüthetragenden Schmarotzern unterscheiden wir zunächst solche, die auf den Stengeln und Aesten, und solche, die auf den Wurzeln leben, oder die Stengel- und Wurzelparasiten.

Die Stengelparasiten treten in weniger zahlreichen Formen als die Wurzelparasiten auf, und treten nur je nach ihrer Befestigungsweise in zwei verschiedenen Formen auf.

Die erste derselben repräsentirt bei uns die Mistel (Viscum album),

Digitized by Google

eine in dem größten Theile Europas auf den Aesten der Obst- und Waldbäume lebende Pflanze. Hier wächst sie in dichten kugelförmigen Büschen, durch die gabelförmige Verästelung der gelblichen Zweige, die schmalen immergrünen Blätter und die weißen Beeren den Bäumen, auf denen sie lebt, ein eigenthümliches Ansehen verleihend. Wenn gleich sie unmittelbar aus dem Holz der Nährpflanze zu entspringen scheint, so zeigt doch die genauere Untersuchung, daß sie kurze verästelte Wurzeln besitzt, die theilweise zwischen Rinde und Holz, theilweise in den Holzkörper der Nährpflanze eingedrungen sind, so daß an der Stelle, wo sie sich angesiedelt, immer eine mehr oder weniger bedeutende Verdickung des betreffenden Baumastes zu bemerken ist. Durch das Eindringen des fremden Holzkörpers veranlaßt, entstehen nämlich auch bei der Nährpflanze Wucherungen von Zellgewebe, und so kann es kommen, daß oft eigenthümliche monströse Ausbreitungen dem Parasiten zur Unterlage dienen, wie dieß bei tropischen Parasiten häufig beobachtet wird. Bekannt ist der Schaden, den die Mistel durch Entziehung des Nahrungssaftes den Bäumen, auf denen sie lebt, verursacht, — ein Schaden, der noch viel beträchtlicher, wie man ihn gemeiniglich taxirt. Dieselbe nimmt nämlich die Säftemasse der Nährpflanze nur in dem Verhältniß auf, wie es für ihr Leben erforderlich, und da sie gerade Kali und Phosphor in großer Menge enthält, so entzieht sie mit dem letzteren Stoff den Obstbäumen diesen für die Fruchtbildung so nothwendigen Stoff massenhaft, bedingt dadurch geringere Tragbarkeit der Obstbäume und steht zum Obstbaum, auf dem sie lebt, in ähnlichem Verhältniß wie die Früchte, die derselbe reift. Es zeigt daher von einer unverantwortlichen Verwahrlosung der Obstkultur, so man die Misteln, ungefährdet durch Messer und Säge auf Kosten des saftigen Obstes vegetiren läßt.

In den warmen Ländern Amerikas und auch Asiens und Neuhollands, da leben die Loranthus- und Mirodendron-Arten in ganz ähnlicher Weise, wie bei uns Viscum, oft massenhaft auf den Waldbäumen, durch ihre schönen scharlachrothen Blumen denselben einen eigenthümlichen Reiz verleihend. Aehnlich wie früher von den epiphytischen Orchideen, glaubte man bis jetzt, es ließen sich diese Pflanzen nicht kultiviren. Es dürfte aber jetzt die Zeit nicht mehr ferne sein, wo wir die schönen Loranthus-Arten auch auf den Aesten unserer tropischen Warmhauspflanzen werden wachsen und blühen sehen. Werden die Samen derselben in Gummi eingeschlossen, so erhalten sie ihre Keimkraft sehr lange und keimen auch mit nur wenig Gummi auf die rissige Rinde von Bäumen befestigt, daselbst bald. Mit ihrem ersten Würzelchen in den Holzkörper der Nährpflanzen eindringend, entwickeln sie sich verhältnißmäßig schnell und können auf diese Weise sicherlich in unsern Gewächshäusern erzogen werden. Die Anzucht der Mistel aus Samen ist schon vielfach gelungen, am Besten keimen im Allgemeinen jene Samen dieser Pflanze, die von Vögeln gefressen und mittelst deren Exkremente auf andere Bäume verschleppt werden.

Digitized by Google

Der Repräsentant der zweiten Gruppe von Stengelparasiten ist bei uns der Ringel (Cuscuta) und in andern Welttheilen Cassytha. Es sind dieß jene eigenthümlichen Pflanzen mit fadenförmigen, stark verästelten Stengeln, die an der Stelle der Blätter nur kleine Schuppen tragen. Diese Stengel bilden allenthalben da, wo sie mit anderen Pflanzen in Berührung kommen, kleine Saugewarzen, die in die Substanz der Nährpflanze eindringen und mittelst ihrer den Nahrungssaft aufnehmen. Die Samen dieser Pflanzen keimen sehr leicht im Boden, bilden kurze fadenförmige Stengel, die, wenn sie keine Nährpflanze finden, bald wieder absterben, so sie aber eine solche finden, schnell auf Kosten derselben erstarken und alles überziehend oft unseren Kulturen bedeutenden Schaden zufügen, indem sie, eine Pflanze nach der anderen umspinnend, deren Lebenssaft verzehren und oft dieselben gänzlich tödten. Besonders verderblich ist in dieser Hinsicht eine erst in der neuern Zeit aus Ostindien eingeschleppte Art, die Cuscuta Trifolii Bab., die auf dem Klee lebt, und wo sie auftritt, denselben stellenweise ganz vernichtet. Das Wegreißen derselben hilft nicht einmal, denn wo nur ein kleines Stückchen derselben haften bleibt, da treibt dieses schnell wieder von Neuem aus, diese Plage wiederum verbreitend. Das sicherste und einzige Mittel, dieselbe zu vertilgen, besteht darin, daß man loses Stroh über die befallene Stelle ausbreitet und mittelst Anzünden desselben die Pflanze tödtet, während dadurch dem bald von Neuem austreibenden Klee kein erheblicher Schaden zugefügt wird. Eine andere jedoch weniger schädliche Art, die Cuscuta epilinum, wächst auf dem Flachse, und in Gärten wird eine bei uns heimische Art, die C. epithymum, zuweilen den Sammlungen von Heidekräutern und feineren Neuholländern gefährlich. Wo sie sich einmal eingenistet, kann sie wegen der merkwürdigen Reproduktionskraft auch des kleinsten fadenförmigen Stengelstückes, welches haften bleibt, nur durch Entfernung der befallenen Pflanzen mit Sicherheit vertrieben werden. In Gegenden wo sie häufig, wie z. B. im Elsaß, wird sie mit Heideerde immer wieder von Neuem in die Gärten eingeschleppt.

Aus der dritten Gruppe der Stengelparasiten, den Schlinggewächsen der Tropenländer, besitzen wir keine Repräsentanten. Es sind dieses ursprünglich im Boden wurzelnde Pflanzen, die unter ihren Umarmungen die Riesen der Urwälder ersticken, und mit dem Holze derselben verwachsend, später oft hoch oben ihren neuen Wohnsitz aufschlagen. Schon Martius gibt sehr interessante Schilderungen dieser Schlingpflanzen, der Cipos der Brasilianer, und Burmeister vervollständigte diese in neuester Zeit. Es sind dieß keine eigentlichen Schlingpflanzen, sondern genau genau genommen Bäume mit sehr dünnen Stämmen, die Anfangs durchaus selbstständig leben. Später stützen sie sich auf stärkere höhere Bäume, umschließen dieselben mit ringförmigen Banden, die die Rinde des Trägers zerstörend sich mit dessen Holz verbinden und so später hoch oben auf Kosten anderer Pflanzen fortleben. Der Cipo matador der Brasilianer, nach Burmeister eine Art Feige, tödtet auf diese Weise die stärksten und höchsten Riesenbäume des Brasilianischen Urwaldes, anfangs als

Digitized by Google

schwacher Stamm nur an dieselben sich anlehnend, später unter seinen Umarmungen dieselben vampyrartig aussaugend. Wenn der Baum verdorben, dann stürzt aber auch der Cipo matador mit ihm zu Boden, seine Nährpflanze gemeiniglich nicht lange überlebend.

Martius erwähnt andere ähnliche Parasiten Brasiliens, welche in dichten aneinanderschließenden Windungen andere Bäume mit ihrem Stamme umgeben. Die spiraligen Windungen verwachsen unter einander und mit dem Baume, und wenn letzterer später abstirbt und innen ausfault, bilden sie lange natürliche Röhren, welche von den Eingebornen benutzt werden. So schildert Martius das Wachsthum einiger Clusia-Arten.

In viel zahlreicheren Formen und Befestigungsweisen leben die Wurzelparasiten bei uns und in anderen Erdtheilen. Dieselben zeichnen sich ihrer größten Zahl nach durch die eigenthümliche, gelbe oder bräunliche Mißfarbe aller ihrer Organe aus und bilden die Blätter meist nur in der Andeutung aus. Es deutet dieß schon darauf hin, daß ihre Verhältnisse zur umgebenden Luft andere sind, als die der gewöhnlichen Pflanzen, wo vornehmlich die Blätter die Verarbeitung der Nahrungsstoffe übernehmen und unter lebhafter Wechselwirkung mit den umgebenden Medien die grüne Färbung sich bildet, während den Schmarotzern die Nahrung schon von anderen Pflanzen verarbeitet zugeführt wird. Kein Wunder daher, daß ältere Botaniker sie nur für Afterorganismen oder Mißbildungen anderer Pflanzen hielten. Sie theilen übrigens jene fahle Mißfarbe mit manchen Pflanzen des reinen Humus, wie einigen Orchideen (Neottia, Epipogium, Corallorhiza) und vielen Schwämmen, denen der in Verwesung begriffene Humus ebenfalls organische Nahrungsstoffe im Uebermaaße liefert, und ähnliche Erscheinungen veranlaßt.

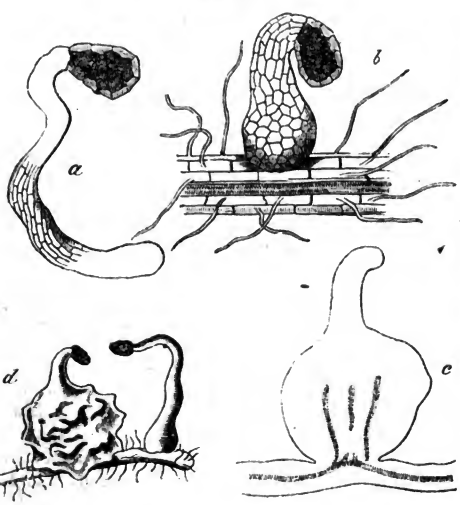
Der Repräsentant einer ersten Gruppe von Wurzelparasiten ist bei uns die Gattung Orobanche, welche sich mit ihrer Hauptwurzel einer Wurzel der Nährpflanze in der Weise anheftet, daß sich Holzkörper und Rindenkörper unmittelbar aneinanderschließen. Außerdem entwickelt aber noch der Parasit Nebenwurzeln, die meist keine Verbindung eingehen, oft aber auch sich noch mittelst kleiner von denselben ausgehenden Saugewurzeln auf andere Wurzeln befestigen. Diese Nebenwurzeln erscheinen jedoch immer erst, nachdem die junge Pflanze gekeimt und sich mit dem Holzkörper der Nährpflanze verbunden. Am bekanntesten ist unter diesen Orobanchen die O. minor, welche auf den Wurzeln des Klees und vieler anderer Pflanzen unserer Wiesen und Gärten lebt und den Kleefeldern oft sehr erheblichen Schaden zufügt. Sie vermehrt sich durch ihre kleinen Samen, welche dem Kleesamen beigemischt mit diesem ausgesäet werden. Noch vor zwanzig Jahren gehörte diese Pflanze zu den Seltenheiten unserer deutschen Flora, jetzt hat sie sich aber zum Schaden unserer Kulturen sehr ausgebreitet. Vertilgt kann sie nur durch Ausziehen der Pflanzen und in Folge dessen durch Verhinderung der Samenbildung werden. Eine andere bekannte Art, die O. ramosa, lebt auf den Wurzeln des Hanfes. Wenn man die Samen dieser Pflanzen

Digitized by Google

in der Nähe ihrer Nährpflanzen aussäet, so gelingt auch die Kultur derselben.

Durchaus gelungene Kulturversuche mit Orobanche wurden schon wiederholt, zuletzt im Jahr 1853 vom Herrn Tittelbach im botanischen Garten zu Berlin durchgeführt. Bei diesen letzteren Versuchen stellte es sich heraus, daß die Samen der Orobanchen leicht keimen, und zwar merkwürdiger Weise auch dann noch, wenn sie selbst ein bis zwei Zoll tief mit Erde bedeckt werden. Es ist dieses eine sehr auffallende Thatsache, welche wieder darauf hinweist, wie mannigfach die Natur für die Entwickelung der verschiedenartigen Pflanzen sorgt, denn alle andern Samen von der Kleinheit wie die der Orobanchen, keimen gar nicht, sobald sie nur $^1/_3$ bis $^1/_2$ Zoll hoch mit Erde bedeckt werden. Die Orobanche-Arten, welche auf einjährigen Pflanzen leben und daher auch einjährig sind, werden zugleich mit den Samen der Nährpflanze ausgesäet. Ausdauernde Orobanchen säet man dagegen unmittelbar auf die Wurzeln der Nährpflanze, indem man die jüngsten Wurzeln derselben entblößt, denn nur auf den jüngsten Wurzeln saugt sich die junge Keimpflanze an. Sie können hier ein bis zwei Zoll wieder mit Erde bedeckt werden und werden dennoch keimen. Bei Aussaaten auf in Töpfe gepflanzter Nährpflanzen thut man wohl, den Samen dicht am Topfrande auszusäen, um mittelst Austopfens die jungen Pflanzen der Orobanchen von Zeit zu Zeit beobachten zu können. Es bilden nämlich die jungen Pflanzen der mehrjährigen Arten nach dem Keimen zwiebelartige Verdickungen unter der Erde und erheben ihre Stengel erst nach fünf bis sechs Monaten über die Erde. Man thut daher wohl, die Aussaat auf Wurzeln im Herbste vorzunehmen, da im Frühling ausgesäete ihre Blüthenstengel oft erst gegen den Winter hin ausbilden. Zur bessern Verständniß der Entwickelung gibt die beistehende Fig. 56 die Entwickelungs-

Fig. 56.



Digitized by Google

geschichte und Befestigungsweise dieser sonderbaren Pflanzen nach einer Abhandlung des Herrn Dr. R. Caspary in der Flora Nr. 37, Jahrg. 54. Davon ist a eine junge keimende Pflanze, welche aus einem fädlichen zelligen Körper besteht, der auf der Spitze noch den Samen trägt. Am Keimling der Orobanchen ist in der ersten Periode der Entwickelung noch keine Spur von Cotyledonen zu bemerken, ebenso fehlt der Wurzelspitze das Wurzelhäutchen. Dieser schädliche Keimling verlängert sich nur so lang, bis er mit seiner Wurzelspitze auf eine junge Wurzel einer Nährpflanze trifft. Da wo dieß, wie auf b bald geschieht, bleibt der Keimling auch nur kurz. Die Wurzelspitze drängt sich nun zunächst in die Parenchymschicht der fremden Wurzel ein und zerstört deren Zellen durch mechanischen Druck, wie dieß b zeigt. Später dringt sie immer tiefer ein, bis sie sich in unmittelbare Verbindung mit dem Holzkörper der Wurzel der Nährpflanze gesetzt hat, wie dieß Fig. 56 c zeigt. Es entsteht jetzt erst am eingedrungenen Ende des Keimlings ein Holzbündel kurzer Tüpfelzellen, die sich den gestreckten Zellen des Holzbündels der fremden Wurzel schief anlegen, und so bildet sich eine direkte Verbindung zwischen den beiderseitigen Holz- und Parenchymschichten. Da wo die Wurzeln der Nährpflanze auch eine Markschicht besitzen, stellt sich auch noch die Verbindung von den beiderseitigen Markschichten nach den Beobachtungen Schachts her.

Jetzt erst nachdem die Verbindung mit der Nährpflanze vollständig hergestellt ist, beginnt die junge Keimpflanze sich an ihrem Grunde zwiebelartig zu verdicken und eine Menge kleiner Nebenwurzeln zu bilden, die Anfangs als kleine Hervorragungen erscheinen, wie dieß die Fig. 56 d in zwei verschiedenen Entwickelungsperioden zeigt. Jetzt entwickelt sich auch auf der Spitze des Keimlings, der inzwischen die Samenhülle abgestreift hat, das erste Paar gegenüberstehender schuppenförmiger Blättchen, welche als die nachträglich entwickelten Cotyledonen zu betrachten sind.

Eine zweite Gruppe repräsentirt bei uns die Schuppenwurz (Lathræa squamaria). Dieselbe besitzt sehr lange Wurzeln, die sich mittelst Saugwarzen mit den Wurzeln von Obst- und Waldbäumen und selbst des Weinstockes verbinden. Ihre Wurzeln steigen bisweilen bis zu einer Tiefe von acht bis zehn Fuß in den Erdboden hinab und zeigen keine Spur von Nebenwurzeln. Es besitzt diese Pflanze schon einen viel höheren Grad von Selbstständigkeit, da Kulturversuche erwiesen haben, daß sie mehrere Jahre ohne jede Nährpflanze im Topfe kultivirt, ausdauert. Hieraus nur allein erklärt sich, wie es dieser sonderbaren Pflanze möglich wird, in solch bedeutende Tiefe hinab zu gelangen.

Die dritte Gruppe unserer heimischen Wurzelparasiten bilden diejenigen, welche ähnlich anderen Pflanzen grüne Blätter, gefärbte Blumen und stark verästelte Wurzeln bilden und sich mittelst blasiger Saugwarzen an die Wurzeln anderer Pflanzen anheften. So verhält sich die Gattung Thesium, ferner die meisten Gattungen der Rhinanthaceen, wie Melampyrum, Euphrasia, Rhinanthus. Gelungene Kulturversuche

Digitized by Google

wurden in den letzten Jahren von Herrn Henslow mit Rhinanthus und Euphrasia Odontites angestellt. Die Samen derselben keimten sämmtlich, die Pflanzen starben aber gemeiniglich bald wieder ab, wenn sie nicht Gelegenheit fanden, sich mit Wurzeln von Nährpflanzen zu verbinden. Bei der auf unsern Getreidearten schmarotzenden Euphrasia Odontites wurden oft ein Fuß lange, nach den Wurzeln der Getreide hinwachsende Wurzelfasern beobachtet. Wie schon die grüne Farbe ihrer Blätter andeutet, scheinen jedoch diese Pflanzen von den Nährpflanzen nicht so abhängig zu sein, denn es gelingen auch Kulturversuche der Euphrasia Odontites, ohne daß sich dieselbe an andern Pflanzen befestigen konnte. Aehnlich verhalten sich die Gattungen Pedicularis, Bartsia, Pinguicula, Drosera, die zuweilen sich mit ihren Wurzeln an die anderer Pflanzen ansaugen, jedoch auch ohne diese Verbindung gedeihen können.

In unsern Laubwaldungen kommt zuweilen eine braun gefärbte Schmarotzerpflanze, die Monotropa Hypopytis vor, deren Wurzeln sich mit den Wurzeln des Trägers zu einem dichten Filze verbinden.

Unter den zahlreichen Wurzelparasiten der Tropenwelt ist besonders einer, die Riesenblume (Rafflesia Arnoldi) durch ihre merkwürdige Größe bekannt geworden. Dieselbe lebt in den Waldungen Ostindiens auf den dem Boden nach kriechenden Ranken von Cissus und großen Wurzeln, bildet weder Stengel noch Blätter, sondern nur eine riesenhafte, einem flachgedrückten Kohlkopfe gleichende, anfangs weißliche, später röthlich-braune Blume von drei bis vier Fuß Durchmesser, und verbindet sich mit ihrem Holzkörper unmittelbar dem der Nährpflanze. Lange gehörte diese Pflanze in das Gebiet des Fabelhaften, von den einen für einen monströsen Auswuchs, von anderen für einen Pilz erklärt. Hoffen wir, daß die Zeit nicht mehr so fern ist, wo der Gartenbau seinen schönsten Triumph feiern wird, wenn erst sie und ähnliche, wie Brugmansia, Balanophora etc. in unseren Gewächshäusern zur Blüthe gebracht werden.

Nachdem wir nun im Vorhergehenden verschiedenartige Pflanzen kennen gelernt haben, welche bald ausschließlich, bald großentheils durch die Säftemasse lebender Pflanzen ernährt werden, wollen wir noch auf das Wachsthum ohne jede Wurzel einen Blick werfen. Bekannt geworden ist uns diese Erscheinung bei den niedrigen Zellenpflanzen, so am auffallendsten bei den im Wasser lebenden Algen, welche entweder ganz frei im Wasser umherschwimmen oder sich wohl auch mit dem Grunde des gestreckten Lagers an Felsen, Holz u. s. f. befestigen. Von ihnen bis zu den mit eigentlichen Wurzeln versehenen Gefäßcryptogamen aufwärts, kommen auch bei den Pilzen ganz ähnliche, durchaus wurzellose Formen vor, während die fadenförmige Unterlage der höheren Pilze, die Haftwurzeln der Flechten und das zuweilen ziemlich ausgebildete faserige Haftwurzelgewebe der Moose und Lebermoose den allmäligen Uebergang zu den eigentlichen Wurzeln bildet. Wenn auch diese Pflanzen befähigt sind, von allen Seiten Flüssigkeit aufzunehmen, so läßt es

Digitized by Google

ſich dennoch nicht verkennen, daß jene Haftwurzelorgane doch das Geſchäft der Aufnahme im erhöhten Grade beſorgen. Daß ſolche Pflanzen in einzelnen Fällen, ſogar lediglich auf Ernährung durch derartige Haftwurzelorgane angewieſen ſein können, das beweiſen z. B. die paraſitiſch lebenden Fadenpilze, dazu dürften ferner die blattartig ausgebreiteten mit zahlreichen Haftwurzeln verſehenen Lebermooſe, wie Marchantia, manche Jungermannien und andere einen ferneren Beleg liefern, da ſie ſich in ihren Wachsthumsverhältniſſen von denen des Vorkeims der Farrenkräuter kaum unterſcheiden laſſen.

Bei den höheren Pflanzen iſt es z. B. von manchen Fettpflanzen, ſo von einigen Sedum-Arten, von Cactus und anderen Pflanzen bekannt, daß ſie in warmer Temperatur aufgehängt, ohne irgend eine Wurzel zu beſitzen, an der Spitze ihrer Stengel Wachsthum zeigen. Dieſes Wachsthum geht jedoch lediglich auf Koſten der in ihnen in reichlichem Maaße aufgeſpeicherten Nahrung vor ſich, ganz ſo wie man z. B. im Winter gefällte Bäume oder abgehauene Baumäſte im Frühling häufig noch die Knoſpen bis auf einen gewiſſen Grad entwickeln ſieht. Nimmt man Wägungen vor, ſo findet man, daß derartige Pflanzen trotz des Wachsthums bedeutend leichter werden, ſo daß, wenn wirklich eine Aufnahme durch die Wunde aus der Luft ſtattfindet, dieſe nur ſehr unbeträchtlich ſein kann. Anders verhalten ſich Aeſte von Pflanzen, die mit ihrer Schnittfläche in den Boden geſteckt werden. Dieſe können mittelſt der Schnittfläche, auch bevor ſie Wurzeln gebildet haben, ziemlich viel Nahrung aufnehmen. In den meiſten Fällen bilden ſie zwar zugleich mit dem neuen Trieb Wurzeln, ein Verhältniß, was wir bei der Fortpflanzung durch Stecklinge näher kennen lernen werden; es kommt jedoch auch zuweilen vor, daß einzelne jahrelang ſtehen und oft ſogar lebhaft wachſen, ohne eine einzige Wurzel zu bilden. Dieſen Fall habe ich z. B. in jüngſter Zeit an zwei epiphytiſch lebenden Tillandsia-Arten, der Tillandsia dianthoidea und Durazziana im hieſigen Garten beobachtet. Von dieſen wurde von der erſteren vor bald drei Jahren ein abgeſchnittener Zweig ohne Wurzeln in einen mit Holzerde gefüllten Topf gepflanzt und ins Orchideenhaus dicht unter's Fenſter geſtellt. Der Aſt wuchs freudig weiter, blühte, veräſtelte ſich, die Aeſte deſſelben wurden abgenommen und auf ähnliche Weiſe behandelt, aber weder die alte noch die jungen Pflanzen haben bis jetzt eine einzige Wurzel gebildet. Aehnlich verhält ſich ſeit anderthalb Jahren ein Aſt der Tillandsia Durazziana. Es hat hier alſo die Schnittfläche die Funktion der Wurzel übernommen. In ihrem Vaterland leben beide Arten auf Bäumen, bilden da nur kleine Haftwurzeln, die ſich an der Rinde befeſtigen. Bemerken will ich jedoch, daß über die Lebensweiſe der hoch oben auf einzelnen Bäumen, in ſonniger und ſelbſt oft trockener Lage wachſenden Tillandsia-Arten Amerika's, die ſich durch weiße zuſammengerollte Blätter auszeichnen, noch nichts näheres bekannt iſt. Wie unſere weißen Flechten, bekleiden ſie dort die Bäume, und zwiſchen ihren langen ſchmalen Blättern entwickeln ſie die niedlichen Blumen. Am bekannteſten von denſelben iſt

Digitized by Google

die Tillandsia usneoides, deren lange zusammengerollte Blätter jetzt in großen Massen nach Europa gebracht werden, um hier zu einem dem Pferdehaar ähnlichem Stoffe verarbeitet zu werden. Dieser Stoff geht unter dem Namen Skandinavisches Moos im Handel und dient vielfach als Ersatz und Fälschungsmittel der Pferdehaare. Ob sich diese Pflanzen nur mit kleinen Haftwurzeln befestigen, ob diese vielleicht theilweise zwischen die Rinde eindringend der Pflanze schon assimilirte Nahrung zuführen, oder ob sie nur auf Luftnahrung mittelst ihrer zu diesem Zwecke nicht geeignet scheinenden Wurzeln angewiesen, oder ob bei ihnen doch vielleicht auch Aufnahme durch die Blätter vorkommt, wage ich nicht zu entscheiden. Von den epiphytischen Orchideen unterscheiden sie sich wesentlich dadurch, daß sie mehr nur auf einzelnen Bäumen in freier luftiger und sonniger Lage vorkommen.

§ 17. Auswahl von Stoffen durch die Wurzel.

Schon die Erfahrung lehrt, daß verschiedene Pflanzen auf sonst durchaus gleichen Boden ganz verschiedene Stoffe produziren können. Die gewöhnliche Annahme geht nun dahin, daß die Pflanze nicht das Vermögen besitze, eine Auswahl der ihr dienlichen Stoffe zu treffen, sondern die Nahrung, welche ihr in gelöster Form geboten werde, ohne Unterschied in sich aufnehme. Bei solch einer Annahme könnte der verschiedenartige Aschengehalt, so wie die bei den einen Pflanzen vorwiegende Bildung von Stärke, Kleber oder Phosphorsäure und andere ähnliche Erscheinungen auf sonst gleichen Bodenarten nur dadurch erklärt werden, daß die Pflanzen das Vermögen besitzen müßten, ihnen nicht dienliche Stoffe wieder auszuscheiden. Diese Erklärung ist jedoch (Vergl. § 18) nicht zulässig, und so müssen wir die Ursache davon in der Eigenschaft der Wurzeln, die Aufnahme verschiedenartiger Nahrungsstoffe, je nach dem Bedürfniß der Pflanzen auszuwählen, nachzuweisen versuchen. Wir haben die Aufnahme der Nahrung durch eine rein physikalische Kraft, durch die Endosmose erklärt, wir können uns aber nicht auf die Seite derer stellen, welche lediglich durch die Endosmose alle die mit der Aufnahme der rohen Nahrungsstoffe in unmittelbarer Verbindung stehenden Erscheinungen zu erklären versuchen.

Wir haben schon früher darauf hingewiesen, wie schon in der kleinen Keimzelle alle die Eigenschaften begründet liegen, welche derselben einen ganz bestimmten Entwickelungsgang vorzeichnen.

Aehnlich verhalten sich die zur Aufnahme der Nahrung bestimmten Zellen der Wurzel, auch sie besitzen je nach der Pflanzenart, der sie angehören, einen verschiedenen Bau der Membran, einen verschiedenen Inhalt. Membran und Zelleninhalt besitzen nun aber bei der lebenden mit ihrer noch ungeschwächten Lebenskraft ausgerüsteten, zur Aufnahme bestimmten Zelle in nicht minderem Grade wie die Keimzelle, den ihnen bestimmt vorgeschriebenen Entwickelungsgang, und damit ein ganz be-

Digitized by Google

ſtimmtes Verhalten der Affinität zu den dieſelbe umgebenden rohen Nahrungsſtoffen. Wirken gleich die Zellen der Wurzelſpitze nur in ihrer Verbindung unter ſich und in ihrer Verbindung mit der Wurzel, ſo kann uns eine derartige Eigenſchaft derſelben um ſo weniger überraſchen, als ſie offenbar von der Pflanze nur für das Geſchäft der Aufnahme der Nahrung gebildet werden und bei dem vorſchreitenden Wachsthume immer wieder neue junge Zellen an deren Stelle geſetzt werden, während die alten als Wurzelhäutchen abgeſtoßen werden, oder als Wurzelhülle die Wurzel umkleiden.

Wir ſind daher überzeugt, daß die Aufnahme durch Endosmoſe je nach den verſchiedenen Pflanzen und je nach der ſpeziellen Eigenthümlichkeit der Zellen der Wurzelſpitze bedeutende Modifikationen erleidet und hiernach die Pflanze allerdings in gewiſſem Maaße die Fähigkeit beſitzt, die ihr dienlichen Stoffe vorzugsweiſe aufzunehmen, welche theils die größte Affinität zum Inhalt der Zellen ihrer Wurzeln zeigen und theils von den Membranen derſelben leichter durchgelaſſen werden.

Damit iſt nun aber nicht behauptet, daß die Pflanze überhaupt in Folge dieſer Eigenſchaft nur ihr dienliche Stoffe aufnehme, ſondern nur, daß ſie, wenn ihr verſchiedenartige Nahrungsſtoffe zugleich geboten werden, dieß vorzugsweiſe thue. Es erklärt mithin auch dieſe Eigenſchaft die unwiderleglich feſtgeſtellte Thatſache, daß ein Boden, der für beſtimmte Kulturpflanzen, wie z. B. für die animaliſche Düngſtoffe liebenden Getreidearten ziemlich erſchöpft iſt, doch für Kalipflanzen oder Kalkpflanzen, wie Kartoffeln, Runkeln, Klee noch hinlängliche Nahrungsſtoffe enthalten kann, und darauf beruht gerade das Syſtem der Wechſelwirthſchaft.

Verſchiedene in dieſer Richtung angeſtellte Verſuche beſtätigten auch im Spezielleren die obigen Angaben. So fand Vogel, daß ein Cereus variabilis, der zehn Wochen lang mit einer Auflöſung von ſchwefelſaurem Kupfer begoſſen wurde, dennoch kein Kupfer aufgenommen hatte. Auch in Stratiotes aloides und in Chara vulgaris, welche letztere drei Wochen lang in einer Löſung von ſchwefelſaurem Kupfer vegetirte, ging dasſelbe nicht über. Auch Trinchinetti erhielt ähnliche Reſultate auf anderem Wege. Er pflanzte nämlich verſchiedene Pflanzen in Miſchungen von zwei einander nicht zerſetzenden Salzen und fand, daß ſich die Aufnahme je nach den Pflanzen verſchieden verhielt. So nahm aus einer Miſchung von Salpeter und Kochſalz Satureja hortensis und Solanum Lycopersicum viel Kochſalz und wenig Salpeter, und umgekehrt Mercurialis annua und Chenopodium viride viel Salpeter und wenig Kochſalz auf. Nach den von Daubeny angeſtellten Verſuchen nahmen die Pelargonien und Gerſte keinen Strontian auf; Sauſſure konnte Polygonum Persicaria nicht dazu bringen, geſäuerten Kalk aufzunehmen, obſchon es gewöhnliches Salz genug aufſaugte, und Lindley ſagt von der Erbſe, daß ſie die in die Gräſer in ſo großer Menge übertretende Kieſelerde nicht aufzunehmen im Stande ſei.

Von dieſer Fähigkeit der Pflanze, ſich vorzugsweiſe für ſie geeignete

Digitized by Google

Stoffe zur Nahrung anzueignen, kommen in doppelter Richtung Ausnahmen vor, indem einerseits, wenn Boden oder Wasser die nothwendigen Stoffe entweder gar nicht oder doch nur in sehr geringer Menge enthalten, von der Pflanze auch ihr weniger dienliche Stoffe aufgenommen und hierdurch Krankheitserscheinungen hervorgebracht werden. Andrerseits scheinen zwar eigentliche Gifte von der gesunden Wurzelspitze nicht aufgenommen zu werden, wenn aber durch Einfluß solcher Stoffe, wie z. B. von Arsenik, schwefelsaurem oder essigsaurem Kupfer, die Widerstandsfähigkeit der die Aufnahme vermittelnden Zellen gebrochen, was sich durch geringere Spannung der Membranen der Zellen, Ablösung des Primordialschlauches bemerklich macht, dann dringen alle in der Lösung gebotenen Nahrungsstoffe gleichmäßig ein. Mohl beobachtete sogar unter dem Mikroskop, daß kranke oder abgestorbene Zellen viel schneller von Jodtinktur durchdrungen werden als gesunde der gleichen Pflanzen. Hierauf beruht die von Saussure beobachte Erscheinung, daß kranke Wurzeln die im Wasser gelösten Substanzen in viel größerer Menge als gesunde Wurzeln aufnehmen, und daß sogar die die Funktionen der Membranen zerstörenden Stoffe, wie schwefelsaures Kupfer, in größter Menge eindringen.

Für den Gärtner sind dieß sehr wichtige Thatsachen. Die meisten Krankheiten der feineren Topfpflanzen finden ihre erste Ursache in Erkrankung der Wurzeln. Rühre diese Erkrankung nun von dem gestörten Gleichgewicht zwischen den oberirdischen und unterirdischen Organen oder vom schädlichen Einfluß unzweckmäßiger Nahrung oder durch versetztes Säurebildung beförderndes Wasser her, immer wird sich in zweiter Linie als unmittelbare Folge, zu reichliche Aufnahme flüssiger Nahrung und noch dazu in zu kondensirter Form einstellen. Die in ihren Funktionen schon gestörte Pflanze kann dieselbe nicht mehr verarbeiten und daraus entsteht bei Fortdauer derartiger Verhältnisse der Tod der betreffenden Pflanze. Die einzige Art der Wiederherstellung derartiger Pflanzen beruht daher in solchen Fällen auf Entziehung der Nahrung, d. h. sehr sparsames Wassergeben, oder wenn die Krankheit schon bedeutendere Fortschritte gemacht, im Verpflanzen in eine magere Erde und Wegschneiden aller kranken Wurzeln.

§ 18. Ausscheidung von Stoffen durch die Wurzeln.

Schleiden stellt den Satz auf, daß jeder Aufnahme durch Endosmose auch eine Exosmose entsprechen müsse. Es hat diese in der Natur allerdings begründete Voraussetzung die Lehre von den Wurzelexkrementen veranlaßt, eine Lehre, die mannigfach ausgebaut, eine Menge durchaus irriger Schlüsse veranlaßte. Namentlich wird sie von denen vertheidigt, die wie Liebig annehmen, daß die Wurzelspitzen ähnlich einem Schwamme jede gebotene Lösung aufsaugen, aber die ihnen unnützen Stoffe in Form von Exkrementen wiederum ausscheiden. Da nun, so schloß man weiter, es ein in der Natur allgemein gültiges Gesetz ist, daß Thiere

Digitized by Google

und Pflanzen von ihren eigenen Exkrementen nicht leben können, so sind diese Wurzelausscheidungen der Grund, weßhalb die gleichen Pflanzen nicht lange auf dem gleichen Boden gedeihen können, während anderen Pflanzen diese Exkremente oft sehr wohlthätig sein können. Man zog hieraus ferner Schlüsse auf das gesellschaftliche Auftreten gewisser Pflanzen, erklärte daraus die vortheilhafte Einwirkung der Wechselwirthschaft u. s. f.

Schon im Jahre 1789 lenkte Brugmans die Aufmerksamkeit der Physiologen auf diese Wurzelausscheidungen, indem er die Behauptung aufstellte, daß sie der Grund seien, daß gewisse Pflanzen nicht neben anderen leben könnten. Auch Humboldt ging später auf diese Ansichten ein und erklärte z. B. den Nutzen der Brache aus diesem Gesichtspunkte, indem jene Exkremente erst der Verwesung anheimfallen müßten, bevor andere Pflanzen da wieder gedeihen könnten.

Ernsthafter noch ward jene Sache, als auf die Veranlassung De Candolles Herr Macaire Prinsep eine Reihe von Versuchen anstellte, welche jene Ansicht direkt zu bestätigen schienen. Derselbe grub zu diesem Zwecke Pflanzen sammt den Wurzeln aus der Erde heraus, stellte die Wurzeln in Wasser und fand, daß diese besonders während der Nacht Stoffe an das Wasser abgaben, die je nach den Pflanzen verschieden, so bei Lactucen und Mohn opiumähnlich, bei Euphorbien scharf, bei Leguminosen gummiartig waren. Ja derselbe wollte sogar ferner gefunden haben, daß essigsaures Blei, welches von den Wurzeln aufgenommen worden war, auch wieder ausgeschieden wurde, so wie daß ferner in Wasser, in welches Wurzelausscheidungen übergetreten waren, die gleichen Pflanzen nicht mehr gedeihen wollten, während das gleiche Wasser auf andere Pflanzen keinen schädlichen Einfluß ausübte. Diese Versuche waren es, welche Candolle seiner Lehre über die Pflanzenexkremente zu Grunde legte, indem er dieselben der Absonderung des Urins der Thiere verglich.

Macaire's Versuche wurden jedoch schon im Jahre 1839 durch H. Braconnot zu Nancy widerlegt. Derselbe pflanzte ein großes Exemplar eines Oleander in einen Topf, der unten keine Oeffnung besaß. Die Pflanze wuchs darin drei Jahre, blühte jährlich, und die Untersuchung der Erde zeigte in derselben nichts von den giftigen Stoffen, die dem Oleander eigenthümlich. Aehnliche Versuche mit mehreren Compositen und Euphorbien gaben das gleiche Resultat. Nun wiederholte Braconnot auch die Versuche Macaire's, erhielt dabei zwar das gleiche Resultat, wies aber nach, daß jene Beimischung zum Wasser durch das Austreten des Milchsaftes der Euphorbien und mehrerer Cichoraceen nicht etwa aus unverletzten Wurzeln, sondern lediglich aus kleinen Wunden und Verletzungen stattfinde, die sich beim Ausgraben gar nicht vermeiden ließen. Ferner ward von Mercurialis annua der eine Theil der Wurzeln in reines Wasser, der andere Theil in eine schwache Lösung von essigsaurem Blei gestellt. Auch hier mischte sich später dem reinen Wasser essigsaures Blei bei, es geschah dieses jedoch sicherlich nicht, wie Macaire annahm, durch

Digitized by Google

Vermittlung von Aufnahme und Ausscheidung der Wurzeln, sondern lediglich durch Capillerattraktion derselben, wodurch die Flüssigkeit aus dem einen Gefäße ins andere hinüber geleitet wurde.

Aehnliche Resultate hatten die Versuche Walser's und Boussingault's. Auch Unger und Meyen wiesen nach, daß aufgenommene schädliche Salze nur durch verletzte Wurzeln an das Wasser wiederum abgegeben werden, und so haben alle die verschiedenen Untersuchungen zu dem Resultate geführt, daß die Wurzelausscheidungen überhaupt nur sehr unbedeutend sind, und von einer Vergleichung dieses Vorganges mit den Exkrementen der Thiere, oder einen erheblichen Einfluß derselben auf die Vegetation gar nicht die Rede sein kann. Die Vortheile der Wechselwirthschaft dagegen erklären sich, wie wir im vorhergehenden Paragraphen sahen, durchaus naturgemäß aus der vorzugsweisen Aufnahme einzelner Stoffe durch gewisse Pflanzen. Ebenso die Wiedererlangung der Fruchtbarkeit durch Ruhen des Bodens, durch Aufnahme von Nahrungsstoffen aus der Luft und Verwesung der im Boden befindlichen Wurzeln. Die verwesenden Wurzeln, nicht aber Wurzelexkremente, veranlassen es auch, daß Rüben und andere Wurzelgewächse, die auf Taback folgen, einen bittern Geschmack erhalten. Zudem heißt es mit offenen Augen blind sein, wenn man es durch Wurzelausscheidung zu erklären versucht, daß die gleichen Pflanzen nicht immer auf demselben Boden mehrere Jahre nach einander gedeihen, denn 1. ist es bekannt, daß in reichen Urböden die gleiche Pflanze viele Jahre nach einander gebaut werden kann; 2. kommen die Pflanzen in der freien Natur immer auf der gleichen Lokalität fort, und 3. würde bei etwelcher Begründung einer derartigen Ansicht das gesellschaftliche Auftreten vieler Pflanzen, namentlich aber das fortwährende Gedeihen der Waldungen auf einer Unmöglichkeit beruhen. Auch der Gärtner, der in einem verhältnißmäßig kleinen Kübel den gleichen Orangenbaum oft zehn Jahre und länger stehen läßt, ehe er ihn wieder verpflanzt, wird wohl schwerlich je an eine Vergiftung des Erdballens desselben durch seine eigenen Wurzeln gedacht haben. Es gehören somit die Wurzelexkremente und die an sie geknüpften Folgerungen zu jenen Hypothesen, die man aufgestellt hat, um auf eine einseitige Weise einen Vorgang zu erklären, der sich in Wahrheit ganz anders verhält. Wie weit aber die Beutelschneiderei in solchen die Ernährung der Pflanze betreffenden Dingen geht, das zeigt die Ankündigung einer neuen Methode der Samendüngung, welche in jüngster Zeit H. W. Bach in Hamburg, natürlich gegen Vorausbezahlung, anpreist. Derselbe ernährt die Pflanze mittelst der Blätter aus der Luft, macht die Wurzel zu einem einfachen Behälter, in welcher die Exkremente der Pflanze abgelagert werden und empfiehlt daher immer alle Pflanzenwurzeln aus dem Kulturboden zu entfernen, da die Pflanze eben so wenig wie das Thier seine Exkremente verzehre. Zu widerlegen brauchen wir solchen Unsinn nicht.

Schleidens Ausspruch, daß jede Endosmose auch eine Exosmose zur Folge haben müsse, ist jedoch richtig. In dem vollen Sinne des

Digitized by Google

Wortes ist dieß aber nur bei einzelligen oder wenigzelligen Pflanzen der Fall, die von allen Seiten von außen aufnehmen und natürlich auch wieder ausscheiden. Die Zellen der Wurzelspitzen geben dagegen die von ihnen aufgenommenen Stoffe zunächst nicht nach außen, sondern an die nach innen liegenden Zellen des Holzkörpers der Wurzel ab. Die Ausscheidungen, welche nach außen stattfinden, sind aber nur sehr geringfügig und bestehen in einem wässerigen Saft, der nach Becquerel eine freie Säure enthält. Diese Säure ist es wahrscheinlich, mittelst derer die Pflanzenwurzeln auf feste organische und unorganische Körper oft eine auffallend auflösende Wirkung zeigen und dadurch in den Stand gesetzt werden, oft ziemlich feste Körper, wie Holzstücke, ja sogar Knochen zu durchwachsen. Ebenso dürfte das auffallende Einfressen mancher kleiner Flechten in Kalkstein, und der die Verwitterung von Gesteinen überhaupt beschleunigende Einfluß der in Felsspalten eindringenden Pflanzenwurzeln, am richtigsten durch eine derartige, wenn gleich unbedeutende Ausscheidung erklärt werden. Wir hätten hier also gerade die entgegengesetzte Wirkung der Wurzelausscheidungen, nämlich auf Zersetzung von Stoffen einwirkend und dadurch deren Uebergang in eigentliche Pflanzennahrung beschleunigend.

Dritte Abtheilung. Funktionen der Blätter und grünen Pflanzentheile.

§ 19. Das Verhältniß derselben zur umgebenden Luft und zur Aufnahme durch die Wurzel.

Wenn die Wurzel der meisten Pflanzen die Bestimmung hat, im Boden zu leben und hier ihre Nahrung zu suchen, so erstrecken sich Stengel und Blattorgane gemeiniglich in die freie Luft und tragen durch die ihnen übertragenen Verrichtungen in nicht geringerem Grade als die Wurzel zur Unterhaltung des normalen Lebensprozesses bei. Besonders aber sind es die gemeiniglich flach ausgebreiteten Blattorgane, welche mit der umgebenden Luftschicht in die innigste Wechselwirkung treten und einerseits durch Abgabe der von der Wurzel aufgenommenen Stoffe, andrerseits aber durch Aufnahme und Abgabe von Gasarten für Bildung und Verarbeitung der organischen Stoffe von höchster Wichtigkeit sind. Hierdurch stehen die Blätter und die grünen oberirdischen Pflanzentheile überhaupt, welche beim Fehlen der Blätter deren Funktionen übernehmen, stets in innigster Beziehung zu den Funktionen der Wurzel. Es äußern daher alle die die Funktionen der Blätter beeinträchtigenden Einflüsse ihre schädliche Rückwirkung zunächst auf die Wurzel und so umgekehrt. Wir haben den morphologischen und anatomischen Bau der Blätter früher kennen gelernt, und gesehen, daß das lockere Gewebe derselben mit zahlreichen Luftgängen und Lufthöhlen durchsetzt ist, welche durch die Spaltöffnungen (siehe Fig. 38) mit der atmosphärischen Luft in offener Kommunikation stehen. Bei den Wasserpflanzen, in den saftigen Blattscheiden der Musa, in dem Stengel der

Digitized by Google

Equiseten u. s. f., da sind diese Luftgänge oft so groß, daß man sie beim Durchschnitt schon mit dem unbewaffneten Auge erkennen kann, und die Masse der Luft, welche auf diese Weise in das Innere des Blattes geführt wird, kann z. B. bei den Blättern mancher Wasserpflanzen so bedeutend werden, daß ein verhältnißmäßig bedeutendes Gewicht dazu gehört, um dieselben zum Untersinken zu bringen. Bekannt ist in dieser Hinsicht das Blatt der Victoria, welches bis dreißig Pfund Gewicht trägt. Bei den Wasserpflanzen werden jene Luftgänge das Mittel, durch welche die Blätter über dem Wasser erhalten werden, denn jedes gänzlich mit Wasser erfüllte Blatt sinkt sogleich zu Boden. Schon daraus, daß auch die Blätter der Landpflanzen gemeiniglich auf dem Wasser schwimmen, geht hervor, daß auch sie Luft in ziemlich bedeutender Quantität enthalten. Mittelst Auspumpens der Luft und Injiziren von Wasser, berechnete Unger neuerdings, daß durchschnittlich in hundert Volumentheilen der Blätter ungefähr einundzwanzig Volumentheile Luft enthalten seien. Es ist dieß die durchschnittliche Berechnung aus einundvierzig Untersuchungen, denn natürlich ist dieß Verhältniß je nach dem verschiedenartigen Bau der Blätter sehr verschieden. Die lederartigen Blätter und die trockenhäutigen der Gräser führen im Allgemeinen die wenigste Luft, dagegen die schwammigen Blätter und manche saftige Blätter sehr viel Luft. So enthält z. B. das trockenhäutige Blatt von Paspalum setaceum in tausend Theilen nur 68 Theile Luft, und das schwammige Blatt von Pistia texensis in tausend Theilen 713 Theile Luft. Im Allgemeinen aber enthielten die 41 von Unger untersuchten Blätter 150 bis 300 Theile Luft in tausend Volumentheilen. Ausnahmsweise besitzen z. B. die Blätter von Camphora officinalis 77, Begonia hydrocotylefolia 35, Beg. manicata 66, und die von Musa sapientum 480, und Amaryllis curvifolia 356 Theile Luft in tausend Volumentheilen. Da nun die Spaltöffnungen die offene Kommunikation mit diesen größeren und kleineren Luftgängen vermitteln, so sieht man daraus, wie leicht die atmosphärische Luft mittelst derselben in das Gewebe der Blätter eindringen kann, um auf diese Weise wichtige Wechselwirkungen einzuleiten, die durch äußere Einflüsse mehr oder weniger potenzirt werden. Da nun aber nicht alle Pflanzen vollkommen ausgebildete Blätter besitzen und die Spaltöffnungen an allen oberirdischen grünen Pflanzentheilen vorkommen, so können auch grüne Stengelorgane die Funktionen der Blätter übernehmen; wenn wir daher von den Funktionen der Blätter sprechen, so sind diese auch im höhern oder niedrigern Grade auch auf die grünen Pflanzentheile auszudehnen.

Dieselben werden nun aber von einer festen Oberhaut (siehe S. 71) überzogen, welche sie vor dem Eindringen von Wasser und Luft schützt, und somit bleiben die Spaltöffnungen am ausgebildeten Blatte die einzigen Vermittler der Abgabe und des Austausches von Stoffen. Die grünen Pflanzentheile werden dadurch für die Pflanze von der höchsten Bedeutung, sie vermitteln die Verdunstung des überschüssigen Wassers, die Fixirung des Kohlenstoffes mittelst Stoffwechsel und sind mithin die wichtigsten Or-

Digitized by Google

gane für Abgabe und Verarbeitung von Stoffen, in welcher Beziehung wir sie in den beiden folgenden Paragraphen kennen lernen werden.

§ 20. Abgabe von Wasser durch die Blätter oder der Verdunstungsprozeß.

Wir haben schon bei Betrachtung des Wassers gesehen, in welcher beträchtlichen Menge dasselbe durch die Pflanzen aufgenommen wird und daß vermöge der bedeutenden Vergrößerung der Oberfläche durch die flache Ausbreitung der Blätter ein mit Pflanzen besetzter Acker viel mehr Wasser verdunstet, als dieß bei einer Wasserfläche von gleicher Größe der Fall ist. Als eine Pflanze, die sehr viel Wasser verdunstet, ist die Pistia Stratiotes bekannt, jenes kleine in stehenden Gewässern der Tropenländer frei umherschwimmende Pflänzchen, welches jetzt auch in unsern Wasserhäusern häufig kultivirt wird. Dasselbe verdunstet sechsmal mehr als eine gewöhnliche Wasserpflanze, und die Neger Guiana's sollen es benutzen, um in ihren Wohnungen Kühlung zu erzeugen, indem sie Gefäße mit Wasser, in denen Pistia wächst, in die Hausfluren stellen. Bei der fortdauernden Verdunstung des Wassers durch die Pflanze wird latente Wärme gebunden, und dieser Vorgang bewirkt ebensowohl die angenehme Kühlung an heißen Tagen im Schatten von Pflanzen, sowie sie die Ursache wird, daß lebende Pflanzen nie so warm werden als todte Pflanzentheile.

Die Ausdunstung selbst ist unserem Auge nicht bemerklich. Bei den Thieren, welche weniger als die Pflanzen verdunsten, ist sie bekanntlich nur bei kaltem Wetter sichtbar, wo sich die Wasserdämpfe verdichten oder als gefrorner Duft niederschlagen. Pflanzen dünsten unter solchen Verhältnissen wenig oder gar nicht mehr aus. Stellt man aber z. B. den abgeschnittenen Zweig einer Pflanze in eine Flasche mit Wasser ein, verschließt die Oeffnung des Gefäßes um den Stengel herum luftdicht und stellt das Gefäß sammt Zweig unter eine Glasglocke, so wird sich bald das von den Blättern ausgedunstete Wasser in Dunstform an der innern Fläche der Glasglocke niederschlagen, sofern Sonnenlicht ꝛc. die Verdunstung befördern.

Eine sichtbare Form der Wasserabgabe durch die Blätter ist die Ausscheidung des Wassers in Tropfenform, welche wir später speziell betrachten werden.

Die Versuche, welche man über die Natur des abgedunsteten Wassers machte, indem man die Dünste in Gefäßen auffing und verdichtete, zeigten, daß es ziemlich reines Wassers, gemischt mit wenigen organischen und unorganischen Bestandtheilen sei. Sennebier erhielt einmal aus vierzig Gran solchen ausgedunsteten Wassers zwei Gran feste Bestandtheile, dagegen bei anderen Versuchen z. B. aus sechs Pfund neun Unzen nur $2^1/_2$ Gran festen Rückstand.

Man kann im Allgemeinen annehmen, daß zwei Drittel des aufgenommenen Wassers wieder verdunsten und ungefähr ein Drittel zur Bildung der Stoffe in der Pflanze zurückbleibt, ein Verhältniß, welches freilich je nach den äußeren Einflüssen mancherlei Abänderungen zeigt.

Digitized by Google

Die Masse des Wassers, welche die Pflanze auf diese Weise an die Atmosphäre abgibt, ist je nach dem Bau der Pflanzen, je nach der Vegetationsperiode und je nach den äußeren Einflüssen sehr verschieden.

Die Spaltöffnungen sind es, welche die Abdunstung allein oder doch großentheils vermitteln. Es bedingt daher ganz besonders der Bau derselben, sowie ferner der mehr oder weniger derbe Bau der Oberhaut, den größeren oder geringeren Wasserverbrauch der Pflanzenarten. Je größer die Spaltöffnungen sind, je mehr vermag die Pflanze abzudunsten. Es ist zwar Thatsache, daß, wo verhältnißmäßig kleine Spaltöffnungen auftreten, die Anzahl derselben sich vermehrt, ja oft sich fast verdoppeln kann. Damit wird aber der Erfahrungssatz, daß die Pflanzen mit den größten Spaltöffnungen das meiste Wasser zu verdunsten vermöchten, nicht entkräftet. Die Berechnung hat nämlich gezeigt, daß eine Quadratlinie Oberfläche eines Blattes durchschnittlich drei- bis vierhundert Spaltöffnungen zeigt, welche Zahl bei den mit sehr kleinen Spaltöffnungen versehenen Saftpflanzen bis auf siebenhundert steigen kann. Dagegen kann das Lumen großer Spaltöffnungen um siebenmal beträchtlicher sein, als das kleiner, und so würden selbst bei Verdoppelung der Anzahl große Spaltöffnungen den Wasserdünsten immer noch dreimal mehr Ausgangsfläche auf gleichem quadratischen Raum als kleine gestatten. Dazu kommt noch, daß durch Erweiterung der Oeffnung der Eintritt der Luft und der Austritt der Dünste nach den Gesetzen der Reibung jedenfalls in noch höherem Verhältniß beschleunigt und befördert wird, als das Verhältniß der gegenseitigen Oeffnungsweiten der Spaltöffnungen beträgt. Daher finden wir denn auch, daß alle Pflanzen mit sehr kleinen Spaltöffnungen und derber Oberhaut, unter denen die Cactus, Aloë und viele andere Saftpflanzen zuerst zu nennen sind, nur sehr wenig Wasser abdunsten und zu gewissen Zeiten mit einem Minimum von Wasser oder selbst eine längere Zeit ohne alle Aufnahme desselben vegetiren können.

Wir müssen hier jedoch noch einer anderen, bis jetzt noch nirgends beachteten Thatsache erwähnen, welche noch ein neues Licht auf das Geschäft der Abdunstung werfen dürfte. Es ist hinlänglich bekannt, wie lange Cactus zur Zeit wenn sie ihren Trieb vollendet haben, ohne jede Wassergabe ihr Leben fristen können, ja daß ein einziges unvorsichtiges Begießen während des Winters im Gewächshaus gerade den Tod der schönsten, stärksten und üppigsten Exemplare schnell herbeiführen kann, weßhalb diesen Pflanzen bei verhältnißmäßig trockenem und temperirt warmem Standort im hiesigen Garten drei bis vier Monate gar kein Wasser verabreicht wird. Dagegen ist es hinwiederum ebenfalls Thatsache, daß die gleichen Pflanzen, wenn sie während des Sommers in eine sonnige Lage ganz ins freie Land gepflanzt * oder auch nur im Freien sammt den Töpfen aufgestellt werden, selbst gegen häufige Wasser-

* Die beträchtliche und sehr gesunde Cactus-Sammlung des hiesigen botanischen Gartens wird auf diese Weise kultivirt.

Digitized by Google

gaben oder lang andauerndes Regenwetter durchaus nicht empfindlich sind, und doch tragen sie im Sommer eben so wenig Blätter als im Winter und sind ebenfalls nur auf die Abdunstung durch ihre grünen saftigen Stengel angewiesen.

Dieselben Pflanzen, welche im Winter selbst eine geringe Wassergabe bei gleichen vegetativen Organen und der Abdunstung von Wasser nicht ungünstigen Verhältnissen (trockene Ofenwärme) nicht auszuscheiden vermögen, können also zur Sommerszeit Wasser in großen Quantitäten aufnehmen und wiederum abgeben.

Theilweise erklärt sich dieser Umstand allerdings dadurch, daß im Sommer die Neubildungen stattfinden und dazu ein Theil des aufgenommenen Wassers verwendet wird. Aber es ist dieß wie bei anderen Pflanzen ein nur kleiner Theil, denn das überschüssige Wasser muß ausgeschieden werden, sofern die Bildung einer so konzentrirten Säftemasse, wie sie die Cactus besitzen, ermöglicht werden soll. Alle immergrünen Pflanzen, welche wie die Cactus im Winter die gleichen vegetativen Organe wie im Sommer besitzen, konsumiren, wenn die Temperaturgrade es gestatten, auch fortwährend Wasser und hauchen solches aus, wenn gleich in viel geringerem Grade als zur Zeit des Triebes. Hieraus sollte man zum Schluß berechtigt sein, daß auch die Cactus im Winter Wasser aufnehmen und verdunsten könnten.

Die Physiologen von der Beobachtung ausgehend, daß die Cacteen in ihrem Vaterlande in den Klüften der Felsen wachsen und zur regenlosen Zeit auf gar keine Bodennahrung angewiesen, dennoch leben, und zwar in sehr trockener Luft leben können, haben dieß dadurch erklärt, daß dieselben vorzüglich aus der Luft ihre Nahrung in sich aufnehmen und selbst Wasserdünste aus derselben auffaugen könnten. So sagt Liebig z. B.: „Wie verschwindend ist bei den Cactus-, Sedum-, Sempervivum-Arten die Wurzel gegen die Masse, gegen die Oberfläche der Blätter, und in dem dürrsten trockenen Sande, wo von einer Zuführung von Nahrung durch die Wurzel gar nicht die Rede sein kann, sehen wir Milchsaft führende Gewächse zur vollkommnen Entwickelung kommen; die aus der Luft aufgenommene, zu ihrer Existenz unentbehrliche Feuchtigkeit wird durch die Beschaffenheit des Saftes selbst vor Verdunstung geschützt. Kautschuck, Wachs umgeben, wie in den öligen Emulsionen, das Wasser mit einer Art undurchdringlichen Hülle und sie stoßen von Saft. Wie in der Milch die sich bildende Haut der ferneren Verdunstung eine Grenze setzt, so in diesen der Milchsaft."

Wir hätten damit ein ganzes schön ausgesponnenes System der Luftnahrung für diese Pflanzen, darauf berechnet, um deren Wachsthumsverhältnisse im wilden Zustande zu erklären. Abgesehen davon, daß wenn überhaupt Aufnahme von Feuchtigkeit durch Blatt- und Stengelorgane vorkommt, diese nach der übereinstimmenden Ansicht aller Beobachter nur sehr unbedeutend ist, würde uns diese Theorie wohl erklären, warum diese Pflanzen zu gewissen Zeiten wenig Wasser oder gar kein Wasser

Digitized by Google

durch die Wurzel aufzunehmen bestimmt sind, aber sie würde im grellsten Widerspruche mit der Erfahrung stehen, daß die gleichen Pflanzen zu anderen Zeiten (und zwar auch in ihrem Vaterlande zur Regenzeit) viel Wasser mittelst der Wurzel aufnehmen und auch verarbeiten und wieder aushauchen. Ferner würde zufolge dieser Theorie die Aushauchung von Wasser sich überhaupt auf ein Minimum bei diesen Pflanzen beschränken und sie müßten folglich ihre Säftemasse gleich in der konzentrirten Gestalt aufnehmen, wie sie dieselbe in sich enthalten.

In Berücksichtigung der mitgetheilten Erfahrungen scheint es uns deßhalb am wahrscheinlichsten, daß der Vorgang der Verdunstung des überschüssigen Wassers nicht bloß durch die Spaltöffnungen, sondern auch, und zwar im höchsten Grade, durch die ganze Oberfläche der jüngsten in der Entwickelung begriffenen oberirdischen Organe der Pflanze vermittelt wird, daß aber, sobald die jungen Gebilde ihrer vollkommeren Ausbildung sich mehr nähern und die Oberhaut fester und konsistenter ausgebildet ist, nur noch die Spaltöffnungen die Ausdünstung vermitteln.

Es scheint uns diese Annahme so natürlich, so durchaus mit der Verrichtung der jüngsten Theile der Wurzel im Einklang stehend, sowie endlich durch eine Menge von Erfahrungen gerechtfertigt, daß wir sie nicht bloß als Hypothese, sondern als Thatsache hinstellen dürfen. Sie erklärt den unverhältnißmäßig beträchtlicheren Verbrauch und folglich auch die stets im gleichen Verhältnisse stehende Aushauchung an Wasser von allen im Wachsthum befindlichen Pflanzen, sie erklärt es, warum die jüngsten Blätter und Triebe durch trockene Luft oder durch starkes Trockenwerden des Erdballens am meisten leiden, sowie endlich auch eine im Frühlinge sehr häufig vorkommende Erscheinung auf den gleichen Grund zurückgeführt werden kann. Werden nämlich Pflanzen, die entfernt vom Lichte, in der feuchten Atmosphäre eines Gewächshauses schnell gewachsen und in Folge dessen nur mit sehr zarter, der Abdunstung kein Hinderniß in den Weg setzender Oberhaut versehen sind, der freien Luft und dem Einfluß der Sonne ausgesetzt, so ist die Aushauchung aus der ganzen Oberfläche so bedeutend, daß die Wurzel nicht genugsam Wasser nachzuführen im Stande ist, es vertrocknet die Oberhaut und die unmittelbar unter ihr liegende zarte Gewebsschicht. Auf diese Weise erklärt sich das Verbrennen solcher junger Blätter und Triebe auf ihrer der Sonne zugekehrten Seite, welches selbst, wenn die Erde genugsam mit Feuchtigkeit erfüllt ist, stattfindet.

Diese Art der Erklärung wird auch noch durch den Bau der Blätter selbst bestätiget. Wie wir schon früher gesehen, besitzen dieselben auf ihrer unteren Seite das loseste Gewebe, die meisten Spaltöffnungen, und die untere Blattseite der ausgebildeten Blätter ist es daher auch, welche nach verschiedenen Versuchen das meiste Wasser abdunstet. Hiernach müßte sich, wenn lediglich die Spaltöffnungen die Abdunstung vermittelten, das Verbrennen der Blätter vorzüglich auf der unteren Seite bemerklich machen. In diesem Falle aber, wo es als direkte Folge des Sonnenlichtes aus der raschen Abdunstung auf der ganzen ihm zuge-

Digitized by Google

kehrten Seite auftritt, zeigt es sich nur auf der dem Lichte zugekehrten, also vorzüglich auf der oberen Seite.

Ganz die gleiche Erscheinung tritt auch bei allen im beschatteten warmen Treibbeete, im geschlossenen warmen Hause gewachsenen jungen Trieben auf und es ist bekannt, daß man derartige Pflanzen ganz allmälig an alle den Verdunstungsprozeß befördernden Einflüsse gewöhnen muß, wenn deren junge Triebe nicht zerstört oder wenigstens ganz entstellt werden sollen. Man wählt daher zum Herausbringen der Pflanzen aus dem Gewächshaus in das Freie am liebsten einen trüben regnigten Tag, oder man wirkt bei schnell gewachsenen Pflanzen durch allmälig vermehrten Luftzutritt, durch allmäliges Gewöhnen an die volle Sonne, auf festere Holzbildung, dickflüssigeren Zelleninhalt und konsistentere Oberhautbildung hin, bevor man sie der vollen Einwirkung bewegter Luft und des vollen Sonnenlichtes aussetzt.

Der Gärtner bezeichnet derartige Vorgänge durch Verzärteln und Abhärten. Es kann dieß natürlich nur auf solche Pflanzen Bezug haben, welche zu ihrer normalen gedrungenen Entwickelung des vollen Sonnenlichtes und der freien Luft bedürfen und gerade von den Cactus, mit denen wir diese Erörterung begonnen, ist es bekannt, daß sie in ihrem Vaterlande immer an durchaus sonnigen und sehr trockenen Orten vorkommen, und nur durch den festen Bau ihrer Oberhaut und die kleinen Spaltöffnungen vor derartigen Einflüssen geschützt sind. Es zeigen daher diese Pflanzen die obige Erscheinung in sehr hohem Grade und wenn Pflanzen mit im Gewächshaus vom Lichte etwas entfernt gewachsenen jungen Trieben sogleich der vollen Sonne ausgesetzt werden, so tritt auch bei diesen das Vertrocknen der obersten Zellenlagen oft in so hohem Grade ein, daß die betreffenden Exemplare dadurch lange entstellt bleiben.

Hand in Hand geht damit allerdings immer auch eine wässerigere Ausbildung des Zelleninhaltes, würde aber der allzuraschen Verdunstung desselben durch eine festere Oberhaut Schranken gesetzt, so könnte immer so viel Feuchtigkeit als entweicht, nachdringen, und also auch keine Vertrocknung eintreten.

Eben so verschieden wie je nach dem Baue ist die Verdunstung des Wassers auch je nach der Vegetationsperiode. Wir haben im Obigen gezeigt, daß dieselbe bei allen Pflanzen zur Zeit des neuen Triebes am höchsten potenzirt ist, weil zu dieser Zeit die Pflanze die meiste Nahrung einnimmt und wenn das Wachsthum unter normalen Verhältnissen stattfindet auch von dem mit den Nahrungsstoffen aufgenommenen Wasser wieder so viel abgibt, daß zugleich ein der Aufnahme und Abgabe entsprechender Bau der die Verdunstung besonders befördernden jüngsten Theile bedingt wird. Wenn alle in der Entwickelung begriffenen Theile ihre vollständige Ausbildung erreicht, einer Periode, welche gemeiniglich mit dem Ansetzen und der Reife der Frucht zusammenfällt, dann nimmt auch die Abgabe des dunstförmigen Wassers ab, und die Pflanze bedarf viel weniger Wasser. Der praktische Gärtner weiß dieß,

Digitized by Google

er weiß, daß er eine in vollkommener Vegetation befindliche Pflanze auch immer reichlich mit Wasser versehen darf, ohne fürchten zu müssen, daß er derselben schade. Er weiß aber auch, daß wenn diese Zeit vorbei ist, die Pflanze schon mit viel mehr Vorsicht begossen werden muß. Allerdings gibt es von dieser allgemeinen Regel öfters Ausnahmen, es liegen denselben dann aber immer ungünstige Bodenverhältnisse zu Grunde, wie wir z. B. bei der Camellia (S. 164) zeigten. Die Periode der Entwickelung fällt bei uns auf Frühling bis Mitte Sommer. Zu dieser Zeit haben daher für die größte Zahl unserer Pflanzen der Gärten und Felder auch häufige Regengüsse keinen schädlichen, sondern nur das Wachsthum sehr befördernden Einfluß auf die Pflanzenwelt, wo hingegen häufige Regengüsse während des Ansetzens und Reifens der Frucht oft sehr nachtheilige Einflüsse auf die Kulturen zeigen. Es gilt daher die allgemeine Regel, daß ein vorherrschend feuchtes Wetter im Frühling und Vorsommer, und vorherrschend trockene Witterung von Mitte Sommer bis Herbst, ein fruchtbares Jahr bedinge. Von dieser allgemeinen Regel gibt es allerdings je nach der verschiedenartigen Vegetation, je nach der Eigenschaft, die Blüthen gleichzeitig mit dem jungen Triebe, als schon vom vorhergehenden Jahre vorgebildet, zu entwickeln, wie dieß z. B. unsere Obstbäume thun, oder sie erst als letztes Produkt des Jahrestriebes zu entwickeln, — zahlreiche Ausnahmen, und dieß bedingt die Erscheinung, daß das gleiche Jahr in der einen Richtung sehr fruchtbar, in einer andern aber unfruchtbar sein kann. Wir können diese Verhältnisse hier nur andeuten, wir werden später Gelegenheit haben, darauf einläßlicher einzutreten.

Auf die Fruchtreife, da folgt bei der großen Mehrzahl der mehrjährigen Pflanzen die Zeit der Ruhe. Die Stengel unserer einheimischen ausdauernden Pflanzen sterben ab, die Blätter der meisten Bäume fallen ab, die Wurzeln nehmen nur noch sehr wenig auf und die Abdunstung hört bei der großen Mehrzahl der Pflanzen ganz auf, denn dieselben sind entweder ihrer verdunstenden Organe ganz beraubt oder die äußern Einflüsse unserer Winterszeit unterdrücken die Verdunstung bis auf ein Minimum. Aehnliche Erscheinungen, wie bei uns Mangel an Wärme, bedingt in den Ländern der heißen Klimate Mangel an Wasser.

Wenn der Bau und die Wachsthumsverhältnisse im Allgemeinen die Pflanze befähigen, mehr oder weniger Wasser zu verdunsten, so sind es die äußern Einflüsse, welche die Verdunstung selbst, als einen rein physikalischen Vorgang, auf die höchste Potenz erheben, oder sie auch ganz unterdrücken können. Luft, Licht und Wärme sind die drei Faktoren, welche durch ihr Zusammenwirken selbst unter normalen Verhältnissen erwachsene Pflanzen dazu bringen können, daß sie zeitweise mehr Wasser verdunsten, als ihnen die Wurzeln selbst aus feuchtem Boden zuzuführen im Stande sind. So sieht man bei warmem sonnigem Wetter, bei bewegter trockner Luft im Vorsommer zuweilen die jungen Triebe schmachtend herabhängen, und erst die Nacht ergänzt den unverhältnißmäßigen Wasserverlust wieder.

Digitized by Google

Wie der Zustand der Luft mechanisch auf jede Verdunstung von Wasser einwirkt, in eben dem Grade findet dieß auch in Bezug auf die Pflanze statt. Je trockener dieselbe, je bewegter dieselbe und je schneller also durch den Luftstrom die um die Blätter sich ansammelnden dunstförmigen Wassertheile weggeführt werden, je höher wird die Abdunstung gesteigert. Daß dieses sogar in einem für eine lebhafte freudige Vegetation sehr nachtheilig hohem Grade geschehen kann, dieß zeigt der nachtheilige Einfluß anhaltend warmer trockener Winde, die den Fluren bald ihr saftiges üppiges Grün und den einzelnen Pflanzentheilen die von gehöriger (d. h. von verhältnißmäßiger Abgabe von Wasser zur Aufnahme) Ernährung zeugende Turgeszenz nehmen. Dagegen hindert ein hoher Feuchtigkeitsgrad der Luft, eine ruhige, durchaus unbewegte Luft die Abdunstung.

Der andere nicht minder wichtige Faktor, das Licht, wirkt vereint mit der Luft. Candolle, der diese Verhältnisse besonders einläßlich behandelte, läßt die Verdunstung nur unterm Einfluß des Lichtes vor sich gehen und bei der Dunkelheit gänzlich aufhören. Es ist dieses aber nur insofern wahr, als das Sonnenlicht allerdings den mächtigsten Impuls zur Verdunstung des durch die Wurzeln aufgenommenen Wassers abgibt und Wärme und Trockenheit der Luft oft die unmittelbare Folge desselben sind. In gewöhnlichen Fällen hört auch die Verdunstung während der Nacht gänzlich auf. Gehen aber im Sommer trockene Winde, dann dauert die Verdunstung auch noch während der Nacht fort, wovon jeder, der Topfpflanzen selbst beobachtet, sich sehr leicht überzeugen kann. Auch die Versuche, welche Hales in dieser Beziehung anstellte, bestätigen diese Erfahrung. So fand Hales, daß eine Sonnenblume, die bei Tage zwanzig bis dreißig Unzen Wasser verlor, in einer thaulosen Nacht noch drei Unzen abgab und in einer Nacht mit Thau aber gar nichts an Wasser verlor. Ferner ist wohl zu beachten, daß bei kräftig vegetirenden Pflanzen in der Nacht oder bei gebrochenem Licht und feuchter Luft die Ausscheidung tropfbaren Wassers an die Stelle der Verdunstung tritt.

Es ist nun einleuchtend, daß je intensiver das Licht einwirkt, je mehr die Verdunstung gesteigert und also bei Sonnenschein im höchsten Grade stattfinden wird. Wie wohlthätig zu gewissen Zeiten, wie z. B. während der kurzen trüben Wintertage, wenn feuchte Luft im Gewächshause die Abdunstung fast ganz verhindert, wo die Blätter der Pflanzen sich mit Feuchtigkeit belegen und allenthalben Moder entsteht, nur ein kurzer Sonnenblick einwirken kann, das hat jeder Pflanzenfreund häufig zu erfahren Gelegenheit. Bei der wohlthätigen Einwirkung, welche das Licht auf das Wachsthum der Pflanzen zeigt, wirkt freilich aber noch eine andere Ursache mit, die wir im folgenden Paragraphen kennen lernen werden.

Die Wärme, als den Lebensprozeß in der Pflanze überhaupt anregend, ist auch außerdem immer der letzte Grund jeder Verdunstung. Ihre Wirkung hebt sich jedoch insofern bei der Pflanze wieder auf, als

Digitized by Google

sie auf der einen Seite ebenso lebhaft auf die Aufnahme des Wassers durch die Wurzel, als andererseits auf die Verdunstung desselben hinwirkt. Störungen kann sie nur dann veranlassen, wenn die Pflanze entweder kein Wasser mehr zur Aufnahme im Boden findet oder die Bodentemperatur bedeutende Differenzen von der Lufttemperatur besitzt. Im ersten Fall wird sie, wie unter ähnlichen Verhältnissen Licht und trockene Luft, ein Vertrocknen der vegetativen Organe der Pflanze bedingen, Verhältnisse, wodurch in warmen Ländern eine Ruheperiode der Pflanzen eingeleitet wird. Differenzen von Boden- und Lufttemperatur, wenn sie bedeutend sind und andauern, können Krankheitserscheinungen aller Art hervorrufen. So werden Pflanzen, deren Wurzeln in bedeutend niedrigeren Temperaturen wachsen, wie z. B. Pflanzen, die mit den Wurzeln im Freien stehen und deren Stamm und Aeste im Winter ins Gewächshaus znm Treiben gezogen werden, wohl ihre Knospen austreiben, aber ihre Wurzeln werden nicht in der gleichen Thätigkeit sein, nicht genügende Nahrung nachführen, die jungen Blätter werden darum später wieder vertrocknen, die Blumen abfallen.

Umgekehrt regt höhere Temperatur des Bodens die Wurzeln zur verhältnißmäßig größerer Aufnahme an, als die oberirdischen Organe verarbeiten und verdunsten können. Ist hier die Differenz nicht groß, so hat dieß jedoch nur etwas wässerigere Ausbildung der Triebe zur Folge, ist sie aber bedeutend, kann sie auch das plötzliche Absterben der Pflanzen zur Folge haben. Diese Erscheinung zeigt sich z. B. sehr häufig bei feineren Kalthauspflanzen, wenn diese auf einem Brette über der Heizung stehen und durch anhaltendes Heizen bei kaltem Wetter im Winter wohl deren Wurzeln stark erwärmt werden, aber die Temperatur des Hauses doch eine niedrige bleibt.

Es zeigen überhaupt diese drei Faktoren, welche wir als die wichtigsten Beförderer der Verdunstung kennen lernten, bald vereinigt, bald jeder für sich allein, mannigfache Einflüsse auf die Ergebnisse der praktischen Pflanzenkultur, von denen wir nur einige hier kurz hervorheben wollen.

Die erste unmittelbare Folge eines normalen Ganges der Verdunstung ist die, daß selbst alle jungen Pflanzentheile sich gedrungen und fest entwickeln, wo hingegen überall da, wo die Verdunstung theilweise aufgehoben wird, die jungen Triebe dünner, schlaffer, wässeriger und zärtlicher sein werden. Demnach werden alle auf sonnigem und freiem luftigem Standort gewachsenen Pflanzen, sofern es nicht auch in der freien Natur nur im Schatten wachsende Pflanzen sind, nicht nur die erstere Entwickelung zeigen, sondern auch vermöge ihres festeren Baues viel mehr im Stande sein, allen den schädlichen äußeren Einflüssen zu trotzen. Ein schattiger Standort, dumpfe gefangene Lage werden dagegen unnatürliches Längenwachsthum und alle damit verbundenen Nachtheile zeigen. Beim Wachsthum in durchaus abgeschlossenen feuchten Gewächshäusern und Beeten, da wird es bei allen in ihrem Vaterlande in voller Sonne wachsenden Pflanzen darauf ankommen, in wel-

Digitized by Google

chem Maaße denselben Licht zugeführt wird. Im Allgemeinen darf man annehmen, daß der Gärtner eher geneigt ist, durch vieles Beschatten das normale Wachsthum in dieser Hinsicht zu stören, als daß er in den entgegengesetzten Fehler verfällt, weil durchaus sonnig gehaltene Pflanzen mehr Pflege, namentlich häufigeres Begießen und sorgfältigeres Lüften verlangen. Gar viele Pflanzen der Tropen, welche wir in unsere Glashäuser und Mistbeete einzusperren gezwungen sind, vertragen nicht nur das volle Sonnenlicht, sondern lieben es sogar, und wenn sie von Anfang an so erzogen und durch Beschatten nicht erst verzärtelt würden, zeigen sie nicht bloß gedrungeneres Wachsthum, sondern sie sind dem Verbrennen auch nicht ausgesetzt und blühen reichlicher und dankbarer. Der Cacteen haben wir in dieser Beziehung schon gedacht, es verhalten sich aber auch die Ananas, die leicht gefiederten Mimosen, die größte Zahl der Palmen, Melastomaceen, alle höheren baum- und strauchartigen Pflanzen ähnlich, wenn nur bei heißem Wetter genugsam gelüftet wird. Auch von Pflanzen der weniger heißen Klimate, die wir häufig schattig unter Fenster zu halten gewohnt sind, wie von den Pelargonien, Fuchsien, Heliotrop, sehr vielen einjährigen Pflanzen, die von erster Jugend an der vollen Einwirkung der Sonne ausgesetzt sein sollten, ist das gleiche bekannt und es wird bei einiger Aufmerksamkeit deren Pflege unter voller Einwirkung der Sonne viel mehr lohnen. Es versteht sich, daß davon die große Zahl der eigentlichen Schattenpflanzen, wie die Farren, Aroideen, und solche, die in besonders feuchter Luft am besten gedeihen, wie Orchideen, Begonien und andere ausgeschlossen sind. Dem Gartenfreund und Gärtner möchten wir aber diesen Gesichtspunkt ganz besonders ans Herz legen, denn mit Ausnahme der Pflanzen, die wir in sonnige warme Lage den Sommer ins freie Land zu pflanzen pflegen, wie Salvien, Verbenen und vielen anderen Gruppenpflanzen, gibt es kaum ein Punkt in dem so viel und häufig gefehlt wird. Wir wollen hier nur noch an die Aufstellung der die volle Sonne liebenden Heidekräuter, der meisten immergrünen Pflanzen Neuhollands in halbschattigen Lagen als einen ziemlich weitverbreiteten Kulturfehler erinnern, durch den im Verein mit zu dichtem Standort, jene häßlichen hohen und langen Exemplare erzogen werden.

Aehnlich unseren feineren Gartenpflanzen verhalten sich auch unsere Forst-, Wiesen- und Feldpflanzen. In freier, luftiger, sonniger Lage, da entwickelt der Forstbaum ein viel festeres dauerhafteres Holz, da gedeihen ferner auch alle Futter-, Nutz- und Nährpflanzen besser als in gefangenen schattigen Lagen. Nur die Futterpflanzen machen davon eine scheinbare Ausnahme, denn sie bilden im Schatten mehr Masse als in der Sonne. Das ist aber kein Vortheil, denn sie enthalten weniger feste Membranen und Nahrstoffe als die in der Sonne gewachsenen und fallen beim Trocknen mehr zusammen als jene. Wenn während der Wachsthumsperiode der Futterkräuter aller Art ein wüchsiges feuchtes Wetter vorherrschte, und wenig Sonnenschein war, so erfahren dieß unsere Landleute zu ihrem großen Nachtheile, denn beim Trocknen fällt das Heu

Digitized by Google

dann ungemein zusammen und gibt wenig ins Gewicht. Unterm Einfluß von ähnlichen Witterungsverhältnissen üppig aufgeschossenes Getreide lagert sich leicht, und so zeigt sich durchgehends der Einfluß theilweise unterdrückter Verdunstung, in weniger fester Bildung des Gewebes und geringerer Ablagerung fester Nahrungsstoffe, Folgen, die dann auch wieder auf Blüthen- und Fruchtbildung, ja selbst auf wässerige Ausbildung der Knollen, wie dieß z. B. von der Kartoffel bekannt, schädlich zurückwirken.

Wir werden andere mit diesen Wahrnehmungen in Verbindung stehende Thatsachen bei der Besprechung des Einflusses des Lichtes überhaupt, näher zu besprechen Gelegenheit haben. Dagegen wollen wir schließlich noch darauf aufmerksam machen, daß viele unserer Gemüse, deren Blätter und Stengel wir genießen, nur dann zart und gut sind, wenn allzugroße Ausdunstung und also auch festere Membran- oder Holzbildung verhindert wird. Wir wollen hier nur an die Kohl- und Spinatarten erinnern, welche nur im Winter und ersten Frühlinge, wenn die Verdunstung noch sehr unbedeutend, zart und gut sind, oder an die jungen Stengel der Spargel, welche man kurz nachdem sie aus der Erde hervorgebrochen sind zum Genusse schneidet. Andere Gemüse dunsten wegen der dichten Lage ihrer Blätter weniger aus, so der Kopfkohl, Wirsing, Kopfsalat, welche um so zarter sind, je fester ihre Blätter sich übereinander schließen und nach innen immer an Zartheit zunehmen. Bei anderen ahmen wir in dieser Hinsicht die Natur nach, so beim Endivien, dessen Blätter wir zusammenbinden, beim Blumenkohl, dessen monströse Blüthenbündel mit seinen eigenen eingeknickten Blättern gedeckt werden, und solcher immer auf dem gleichen Gesetze beruhende Erfahrungen gibt es noch manche, sofern wir die vegetativen Pflanzentheile selbst zur Nahrung benutzen und nicht Stärkemehl, sondern Stickstoff, der auch unter solchen Verhältnissen in gleicher Menge vorhanden, die nährenden Bestandtheile bilden.

In den Blättern, als denjenigen Organen, welche die Verdunstung vornehmlich verrichten, müssen sich eine Menge mit dem Wasser nicht entweichende Stoffe anhäufen. Wir lernten dieselben daher auch früher als an anorganischen Stoffen besonders reich, kennen. Da die Pflanzen dieselben früher oder später, nachdem sie ihre Funktionen verrichtet, abwerfen, so entäußern sie sich zugleich mit denselben der ihnen nicht mehr nothwendigen anorganischen Stoffe, welche sich hier, in einer für die Pflanze durchaus unbenutzbaren Form mit Säuren zu Salzen und Krystallen verbunden, vorfinden.

Die vermeintliche Aufnahme von Wasser oder Wasserdünsten durch die Blätter haben wir schon früher (S. 171) besprochen. Alle die Resultate, welche man in dieser Hinsicht erhalten und die scheinbar für die Aufnahme von Wasser sprechen, lassen sich auf gänzlich unterdrückte Ausdünstung zurückführen. Wir wollen damit nicht den Stab über diejenigen brechen, welche auch jetzt noch eine geringe Aufnahme des Wassers durch die Blätter für möglich halten. Ungers Versuche stehen in dieser

Digitized by Google

Hinsicht noch zu vereinzelt da. Alle Beobachter stimmen dagegen in der Hinsicht überein, daß wenn überhaupt eine solche Aufnahme stattfindet, diese nur sehr unbeträchtlich sein kann. Im höchsten Grade lächerlich ist es aber, wenn z. B. Knight annimmt, daß dieses derartig aufgenommene Wasser wieder in den Splint zurückgeführt werden und auf diese Weise Schimmelbildungen entstehen könnten, — eine Ansicht, welche die Uebersetzer von Lindley's Theorie der Gärtnerei adoptirt haben.

§ 21. Austausch von Gasen mit der atmosphärischen Luft oder der Athmungsprozeß der Blätter.

Wir haben im vorhergehenden Kapitel die Verdunstung des überschüssigen Wassers als einen rein physikalischen Vorgang kennen gelernt. Nicht so verhält es sich aber mit dem Austausch von Gasarten mittelst der oberirdischen Theile der Pflanze an die atmosphärische Luft. Dieser Austausch von Gasarten, in seiner Allgemeinheit nicht ganz richtig durch Athmungsprozeß oder Respiration bezeichnet, ist sowohl für Bildung und Fixirung des Kohlenstoffs in der Pflanze, sowie zur Bildung der verschiedenartigsten Pflanzenstoffe für die Pflanze von höchster Wichtigkeit.

Von älteren Forschern waren es Hales, Bonnet, Priestley, Ingenhousz, Sennebier und Woodhouse, welche durch theilweise, allerdings sehr unvollkommene Experimente zuerst diese Vorgänge zu erklären versuchten. Unter den neueren Beobachtern verdanken wir besonders den Experimenten und Beobachtungen von Saussure, Link, Grischow, Boussingault, Schleiden, Liebig, Mohl, Unger und Mulder nähere Aufklärung in dieser Hinsicht, obgleich auch jetzt noch so mancher Vorgang im Dunkeln und Unsichern ist.

Die ersten Versuche der Art, welche Bonnet in der Mitte des achtzehnten Jahrhunderts anstellte, zeigten, daß Pflanzen, die man mit ihren Blättern unter Wasser brachte, welches Kohlensäure enthielt, und sie hier der Einwirkung der Sonnenstrahlen aussetzte, aus denselben Luftblasen entwickelten, die aufgefangen sich als Sauerstoff erwiesen. Wiederholte man diesen Versuch in Wasser, in welchem mittelst Kochen die Kohlensäure ausgetrieben war, so erschienen diese Luftblasen nicht. Dieß konnte nun einen doppelten Grund haben, entweder indem das ausgekochte Wasser das von den Blättern austretende Gas verschluckt, — oder daß eine solche Gasbildung überhaupt nun nicht mehr stattfinden konnte, weil aus dem gekochten Wasser kein anderes Gas an der Stelle des ausströmenden in die Pflanze übertreten kann. Wahrscheinlich bewirken hier aber beide Faktoren das nicht mehr sichtbare Austreten der Gasblasen.

Bonnet erkannte damals die Ursache dieser Erscheinungen noch nicht, sondern leitete die Sauerstoffblasen aus dem Wasser ab.

Einen bedeutenden Schritt weiter kam man, als Priestley im Jahre 1771 die Entdeckung machte, daß die Pflanzen wirklich Sauerstoff mittelst ihrer grünen Theile an die Luft abgeben. Priestley's Versuche

Digitized by Google

waren zwar noch unvollkommen und ganz klar war ihm jene Erscheinung noch nicht, denn da er die äußeren Verhältnisse noch nicht berücksichtigte, so erhielt er bald Sauerstoff, bald gar kein Gas, bald Kohlensäure. Erst Ingenhousz war es aufbehalten, durch seine Experimente nachzuweisen, daß die Pflanzen mit ihren Blättern im Sonnenlicht Sauerstoff, im Dunkeln Kohlensäure an die Atmosphäre abgeben.

Durch diese Entdeckungen war das verschiedene Verhalten der Pflanzen im Licht und im Dunkeln in Bezug auf Abgabe von Stoffen erwiesen, den spätern Beobachtern blieb es nun übrig, Licht zu schaffen, und zu ermitteln, in welchem Verhältniß diese verschiedenartige Abgabe von Gasen zum Pflanzenleben steht.

Sennebier war es nun, der als erster die Ansicht aussprach, daß die Pflanze im Sonnenlichte Kohlensäure einathme, dieselbe in ihrem Innern zersetze, den Kohlenstoff fixire und dafür Sauerstoff an die Luft abgebe.

Sauſſure's vielfachen Versuchen verdanken wir den Ausbau dieser Lehre. So ward durch seine Versuche, sowie die gleichzeitigen anderer Beobachter unwiderleglich dargethan: daß alle grünen Pflanzentheile im Sonnenlichte Kohlensäure aufnehmen und dagegen Sauerstoff mit etwas Stickgas an die Atmosphäre abgeben. Daß im zerstreuten Lichte diese Vorgänge in viel geringerem Grade stattfinden, bei Zutritt von noch weniger Licht gänzlich aufhören, um im Halbdunkel und Dunkel in die Aufnahme von Sauerstoff und Abgabe von Kohlensäure überzugehen. Die letztere Art des Stoffwechsels zeigen auch alle nicht grün gefärbten Pflanzentheile.

Wir hätten demgemäß zwei unter sich durchaus verschiedene Vorgänge des Austausches von Gasen der oberirdischen Pflanzentheile mit der atmosphärischen Luft, von denen der erstere unter Einwirkung der Lichtstrahlen als ein Akt der Ernährung, der andere dagegen mit dem Athmungsprozeß der Thiere verglichen werden kann.

Betrachten wir nun beide Vorgänge in ihrer Beziehung zum Pflanzenleben noch etwas näher, so sind hier zwar die einzelnen Vorgänge bei diesen Prozessen allerdings noch nicht durchaus aufgeklärt und werden es vielleicht so bald auch noch nicht werden; im Allgemeinen können wir uns aber doch schon ein ziemlich klares Bild von denselben entwerfen.

A. Aufnahme von Kohlensäure im Lichte.

Der Einfluß des Lichtes auf die chemische Thätigkeit im Innern der Zellen bewährt sich nicht bloß in dieser Richtung, sondern wir lernten ihn auch schon in Bezug zur Verdunstung kennen, und wir werden ihn ferner in seiner Beziehung zur Bildung des Pflanzengrüns noch zu besprechen Gelegenheit haben, welches mit der Aufnahme von Kohlensäure in inniger Verbindung zu stehen scheint. Betrachten wir nun zunächst den Stoffwechsel der grünen Pflanzentheile im Lichte, den wir

Digitized by Google

einen Akt der Ernährung genannt haben, weil dadurch in den jungen Pflanzentheilen jedenfalls Kohlenstoff fixirt wird, so werden wir dieß am anschaulichsten thun können, wenn wir die folgenden Fragen beantworten:

1. Welche Organe vermitteln den Austausch der Gase?

Wieder sind es die Spaltöffnungen und Interzellulargänge, welche bei den höheren Pflanzen den Austausch von Gasen vermitteln. Ob dieß jedoch ganz allein mittelst derselben geschiehet, oder ob bei den jüngsten Blättern nicht auch die ganze Oberfläche dieß Geschäft, wenn auch nur in Bezug auf Abgabe zu verrichten vermag, ist noch nicht mit Sicherheit entschieden. Nach den speziellen Versuchen Ungers sind es vorzüglich die unteren Blattflächen, welche vermöge des sehr lockern Baues ihrer äußersten Zellschichten (s. Fig. 47 a) und der verhältnißmäßig geräumigen Interzellulargänge, Athemhöhlen und Luftgänge, die sich hier finden, das Geschäft der Aufnahme von Sauerstoff und der Abgabe von Kohlensäure vorzugsweise verrichten. Dazu kommt, daß die meisten Blätter auf der Unterseite auch größere und zahlreichere Spaltöffnungen tragen als auf der Oberseite, ja es gibt einzelne Pflanzen, welche auf der letzteren dieselben gänzlich entbehren. Zu diesen gehören z. B. die Blätter von Ficus elastica, der Weinrebe u. a. m., von denen die Versuche Unger's nachgewiesen haben, daß sie auf der Oberseite viel weniger verdunsten, sowie auch die Aufnahme von Sauerstoff und Abgabe von Kohlensäure in viel höherem Grade von der unteren als durch die obere Blattseite vermittelt wird. Ob dieses jedoch auch für die Aufnahme von Kohlensäure im Sonnenlichte gilt, ist mehr als zweifelhaft, da dieser Vorgang als vorzüglich von der Einwirkung des Lichtes bedingt, sogar wahrscheinlich viel lebhafter von der oberen Blattseite vermittelt wird, ganz so wie das Blattgrün sich auch auf der dem Lichte zugekehrten Seite am intensivesten ausbildet. So ergaben auch zwei Versuche von Unger, gerade mit Pflanzen, die auf der Oberseite der Blätter keine Spaltöffnungen besitzen, nämlich mit der Weinrebe und Ficus elastica, ein durchaus gleichmäßiges Verhalten beider Blattseiten in Bezug auf Abgabe von Sauerstoff.

Unter allen Verhältnissen erscheint jedoch das im Innern aller grünen Pflanzentheile verzweigte System der luftführenden Interzellulargänge, als der natürlichste Vermittler des Austausches der Gase. Mittelst desselben kann die atmosphärische Luft fast jede einzelne Zelle im Innern der Blätter umspielen. Daß diese Interzellulargänge großentheils von Luft erfüllt sind, das zeigt die Beobachtung, wie aber die Luft in dieselben gelangt, ist noch zweifelhaft. Schleiden vermuthet, daß die Interzellulargänge eine Capillarattraktion ausüben. Wahrscheinlicher scheint es jedoch, daß durch Aufnahme von Gasen aus der in den Interzellulargängen befindlichen Luft in höherem Grade als wieder in dieselben abgeschieden wird, ein beständiges Nachdringen von atmosphärischer Luft und hierdurch eine ziemlich lebhafte Luftzirkulation im Innern des Pflanzen-

Digitized by Google

körpers veranlaßt wird, die die Luft selbst rückwärts durch die Blattstiele bis in die Stengel treibt. Mehr als wahrscheinlich wird diese Vermuthung durch viele Versuche, welche besonders Unger mit den abgeschnittenen Stengeln von Wasserpflanzen anstellte, welche bekanntlich größere Luftgänge in sich enthalten. Bei diesen ward nur ein Einnehmen, aber durchaus keine Abgabe von Gasen mittelst der Blätter beobachtet. Eine Abgabe von Gasen kam nur bei verletzten Blättern vor. Vorzüglich aber trat die Luft aus den durchschnittenen Stengeln in größerer Quantität hervor, in welche sie von den Blättern aus unmittelbar hinabgeführt wurde. Aehnliche Erscheinungen, wenn auch in geringerem Grade, zeigten auch die abgeschnittenen Stengel anderer Pflanzen, so z. B. vom Kürbis, welche mit ihren Schnittflächen in Wasser gebracht, aus den letzteren fortwährend eine an Stickgas und auch zeitweise an Sauerstoff sehr reiche Luft entwickelten. Hieraus dürfte ziemlich klar hervorgehen, daß 1. die von den Blättern eingenommene Luft bis in die Interzellulargänge des Stengels herabgeführt wird, daß 2. diese Luft von der Pflanze theils absorbirt wird und wenn sie einen andern Ausgangspunkt als die Spaltöffnungen findet, durch die sie eingetreten, sich da entleert, oder auch wie bei manchen Wasserpflanzen sich im Innern der Pflanze in weiten Luftgängen aufspeichert, und daß 3. die Spaltöffnungen, wie es scheint, dem Austreten von Gasen einen gewissen mechanischen Widerstand entgegensetzen, der durch den einströmenden Luftstrom am ehesten erklärt werden dürfte. Dieser muß mit einer gewissen Kraft von der Pflanze überwunden werden, woraus sich das Zurückführen der aufgenommenen Luft bis in den Stengel theilweise mit erklärt. Da ferner die Versuche von Unger bewiesen haben, daß auch die auf der Oberseite mit gar keinen Spaltöffnungen versehenen Blätter mit dieser dennoch eben so viel Sauerstoff als die untere Blattseite ausscheiden, so ist es klar, daß ein Theil der durch die Spaltöffnungen eingedrungenen und von den Zellen absorbirten Gase, in anderer Form wieder mittelst der ganzen Oberfläche der jungen Blätter fortgeschafft wird, und hieraus erklärt sich gerade das stete Nachströmen der atmosphärischen Luft in die Interzellulargänge.

Die niedriger organisirten Zellenpflanzen verhalten sich auch in Bezug auf Austausch der Gase ganz so, wie bei der Aufnahme von Stoffen und der Abdunstung überhaupt. Sie besitzen weder Oberhaut noch Interzellulargänge und treten mithin mittelst ihrer an der Oberfläche liegenden Zellen mit der umgebenden Luft in unmittelbare Wechselwirkung.

2. Wie verhält sich die Aufnahme von Kohlensäure zur Abgabe von Kohlensäure in quantitativer Beziehung?

Wir haben die Aufnahme von Kohlensäure einen Akt der Ernährung genannt, weil mittelst desselben durch die Blätter Kohlenstoff für die Pflanze gebunden wird. Es ist einleuchtend, daß dieser Prozeß nur dann diese Bezeichnung wahrhaft verdienen kann, so es möglich ist

Digitized by Google

nachzuweisen, daß durch die Blätter verhältnißmäßig mehr Kohlensäure aufgenommen, als während der Dunkelheit abgegeben wird. Um dieses Verhältniß zu ergründen, hat man Versuche in verschiedener Richtung angewendet, indem man Pflanzen unter Glasglocken brachte und die Zusammensetzung der Luft vor und nach dem Experiment genau untersuchte. Von diesen hatten die einen Versuche, wenn die Pflanzen abwechselnd der Einwirkung des Tageslichtes und der Dunkelheit ausgesetzt wurden, das Ergebniß, daß sich weder das Volumen der Luft, noch deren Zusammensetzung änderte, und es schien mithin sich die Aufnahme der verschiedenen Gase vollständig zu kompensiren, so daß demnach die Pflanze mit den Blättern keine Nahrungsstoffe aus der Luft an sich ziehen würde.

Die schönen Versuche, welche Saussure und Boussingault in dieser Beziehung anstellten, bei denen entweder die Luft häufig gewechselt oder Kohlensäure künstlich zugesetzt ward, gaben jedoch ein ganz anderes Resultat, und zeigten, daß sich eingeschlossene Pflanzen ganz anders in dieser Beziehung verhalten, als im Freien wachsende Pflanzen, bei denen die die Blätter umgebende Luftschicht häufig wechselt und also die ihr entzogenen Gase immer wieder von Neuem bietet.

Am wichtigsten ist in dieser Beziehung ein von Boussingault im Sommer 1840 angestellter Versuch. Ein Ballon von $1^1/_2$ Kubikfuß Inhalt ward mit drei Oeffnungen versehen, eine kräftig vegetirende Weinrebe durch die untere Oeffnung eingeführt, und mittelst einer Kautschukröhre genau befestiget. Diese Weinrebe hatte zwanzig Blätter. In die beiden oberen Oeffnungen mündeten zwei dünne Röhren, welche luftdicht eingeführt wurden. Durch die eine derselben ward atmosphärische Luft eingeführt, durch die andere trat die Luft des Ballons aus und ward in einem besondern Apparat aufgefangen, um sie auf ihren Kohlensäuregehalt zu untersuchen. Die Schnelligkeit der Luftströmung ward durch einen mit Wasser gefüllten Aspirator bestimmt und betrug in der Stunde ungefähr $1^1/_2$ Kubikfuß. Die Blätter wurden nun dem Lichte ausgesetzt und der Versuch währte von 11 bis 3 Uhr Mittags. Bei einem ersten Versuche enthielt die eingeführte atmosphärische Luft 0,00045, und die aus dem Ballon austretende 0,0002 Kohlensäure; bei einem zweiten die eingeführte Luft 0,0004 und die austretende 0,0001 Kohlensäure. Es entzogen mithin innerhalb einer Stunde die Blätter unter Einwirkung des Sonnenlichts der umgebenden Luft beim ersten Versuche $^5/_9$, beim zweiten $^3/_4$ ihres Kohlensäuregehaltes.

Dieses Ergebniß auf die Versuche angewendet, welche ohne Erneuerung der Luft in einem abgeschlossenen Raume vorgenommen werden, zeigt deutlich, daß die Blätter im Sonnenlichte bald den geringen Kohlensäuregehalt der mit ihr eingeschlossenen atmosphärischen Luft verzehren und nachdem dieses geschehen ein anormales Verhältniß eintritt, wodurch es möglich wird, daß sie dann wieder bei Nacht die geringe Quantität der aufgenommenen Kohlensäure aushauchen können, so daß das Mischungsverhältniß der eingeschlossenen Luft nicht gestört wird. Ein ähn-

Digitized by Google

liches Ergebniß hatten auch die von Sauſſure in anderer Richtung angeſtellten Verſuche, bei denen Pflanzen unter Glasglocken abwechſelnd dem Einfluß des Lichtes und der Dunkelheit ausgeſetzt, aber der atmoſphäriſchen Luft von Zeit zu Zeit Kohlenſäure hinzugeſetzt ward. Die Pflanzen zeigten dabei ein kräftigeres Wachsthum und nahmen unverhältnißmäßig mehr Kohlenſäure auf, als ſie bei Nacht wieder abgaben.

Es beſtätigten ſomit dieſe Verſuche die Anſicht, daß die Pflanze der umgebenden atmoſphäriſchen Luft mehr Kohlenſäure entzieht, als ſie derſelben bei Nacht wiederum zurück gibt, und alſo die Aufnahme derſelben durch die grünen Pflanzentheile wirklich ein Prozeß der Ernährung iſt. Chevandier hat auf die Verſuche Bouſſingault's geſtützt, berechnet, daß die Bäume eines Waldes während der fünf Sommermonate der über ihnen ſtehenden Luftſäule ein Neuntel ihres Gehaltes an Kohlenſäure entziehen. Die Reſultate für die Praxis aus dieſen und den verwandten Vorgängen werden wir am Schluſſe des Paragraphen ziehen.

3. Wie verhält ſich die Aufnahme von Kohlenſäure zur Abgabe von Sauerſtoff, und wie zum Miſchungsverhältniß des Letzteren mit der atmoſphäriſchen Luft?

Die Aufnahme von Kohlenſäure von der Pflanze wird gemeiniglich aus dem Geſichtspunkt dargeſtellt, wie wenn Kohlenſäure aufgenommen und dafür Sauerſtoff produzirt werde, oder daß mit andern Worten die Pflanze dazu beſtimmt ſei, den Kohlenſäuregehalt der atmoſphäriſchen Luft zu vermindern und den Sauerſtoffgehalt derſelben zu vermehren. Um in dieſer Hinſicht einen einigermaßen ſichern Anhaltspunkt zu erhalten, haben wir zwei Fragen zu beantworten, nämlich: Gibt die Pflanze ſo viel Sauerſtoff an die Atmoſphäre zurück als Kohlenſäure aufgenommen wird? und wie verhält ſich die Aufnahme von Kohlenſäure zur Aufnahme von Sauerſtoff in quantitativer Beziehung?

In erſterer Beziehung haben verſchiedenartige Verſuche nachzuweiſen verſucht, daß das Volumen der Luft durch die Aufnahme von Kohlenſäure nicht verändert, und daß mithin ſo viel luftförmige Stoffe an die Atmoſphäre zurückgegeben werden, als Kohlenſäure derſelben entzogen werde.

Eine Reviſion dieſer Verſuche iſt ſehr wünſchbar und zwar auf ähnliche Weiſe wie die von Bouſſingault angeſtellten, denn jene in abgeſchloſſener Luft angeſtellten Verſuche können da eben ſo wenig entſcheiden, wie dieß in anderer Richtung der Fall iſt. Dem Verfaſſer iſt es vielmehr aus theils im erſten Abſchnitt dieſes Paragraphen gegebenen Gründen, wie aus ſolchen, die bei der Aushauchung des Stickgaſes noch gebracht werden, ſehr wahrſcheinlich, daß wenn es möglich wäre, derartige Verſuche mit einzelnen Pflanzentheilen, die keine Nahrung mittelſt der Schnittfläche oder Wurzeln aufnehmen können, zu machen, mehr gasförmige Stoffe aufgenommen als abgegeben werden müßten. Da aber, wo die Pflanze mittelſt der Schnittwunde oder der Wurzeln Nahrung aufnehmen kann, kommt ein Theil der ausgeſchiedenen Gaſe jedenfalls auf Rechnung der durch die Wurzel in die Pflanze übertre-

Digitized by Google

tenden Stoffe, und es sind derartige Verhältnisse noch nicht genugsam berücksichtigt.

Ferner hat die Untersuchung der bei Sonnenschein ausgeschiedenen Luft gezeigt, daß dieselbe niemals aus reinem Sauerstoff besteht, sondern in größerem oder geringerem Verhältniß mit Stickgas gemischt ist. Das Verhältniß des ausgeschiedenen Stickgases zum Sauerstoff ist sehr verschieden, oft beträgt dasselbe die Hälfte des Sauerstoffes, zuweilen sinkt es aber auch bedeutend darunter hinab. Es wird also jedenfalls von der Pflanze nicht so viel Sauerstoff ausgeschieden als Kohlensäure aufgenommen wird, und wenn so viel Sauerstoff von den Blättern gebildet werden sollte als aufgenommen wird, so wird ein Theil desselben von der Pflanze zurückbehalten, und wie wir früher sahen, in die nicht grünen Theile zurückgeführt, wo er zur Oxydation verwendet wird. Für diese letztere Ansicht spricht die Beobachtung Dütrochet's, daß die gelbe Seerose (Nuphar luteum) in ihrem Innern eine Luft enthält, die um so ärmer an Sauerstoff, je entfernter sie von den Blättern aufgefangen wird. Ebenso tritt an abgeschnittenen Kürbisstengeln bei Tage eine Luft aus, die 27 bis 28 Prozent Sauerstoff enthält, während bei Nacht kein Sauerstoff und nur Kohlenstoff in derselben gefunden wird.

Wenn wir so finden, daß die Pflanze jedenfalls schon bedeutend weniger Sauerstoff aushaucht, als sie der Atmosphäre an Kohlensäure entzieht, so kommt nun hier ferner noch die direkte Aufnahme von Sauerstoff in Betracht. In dieser Hinsicht haben die im vorhergehenden Abschnitt erwähnten Versuche Bousssingault's und Saussure's bewiesen, daß die Pflanze unter normalen Verhältnissen die Aufnahme von Kohlensäure durch Abgabe von Kohlensäure während der Nacht allerdings nicht zu kompensiren vermag. Da wir nun aber später sehen werden, daß die Pflanze im Dunkeln bedeutend mehr Sauerstoff aufsaugt als Kohlensäure abgibt, so geht aus der Kombination dieser Verhältnisse deutlich hervor, daß die Pflanze mit ihren oberirdischen Theilen eher den Gehalt der Luft an Sauerstoff vermindert als vermehrt, da sie einerseits nicht so viel Sauerstoff abgibt als Kohlensäure verzehrt und andrerseits bedeutend mehr Sauerstoff aufnimmt als Kohlensäure abgibt. Die wohlthätige Einwirkung der Pflanzenwelt auf die Zusammensetzung der Luft mittelst des Stoffwechsels der Blätter beschränkt sich mithin, wenn wir von der Aufnahme der Wurzel absehen, auf Verminderung der Kohlensäure der Luft.

4. Wozu verwendet die Pflanze die aufgenommene Kohlensäure? und woher nimmt sie den ausgeschiedenen Sauerstoff?

Wir sind hiermit an die schwierigste Frage gekommen, welche die Vorgänge im Innnern des Pflanzenkörpers betrifft, wo also direkte Beobachtung nicht entscheiden kann, sondern nur unter gleichmäßiger Berücksichtigung aller Verhältnisse eine Vermuthung ausgesprochen werden kann. Wir wollen zunächst einiger Versuche Saussure's erwähnen, welche einiges Licht auf die Verwendung der Kohlensäure werfen. Unter eine

Digitized by Google

von der umgebenden Luft durch Queckſilber, auf dem eine dünne Schicht Waſſer ſchwamm, abgeſperrte Glasglocke, brachte derſelbe drei junge Erbſenpflanzen. Die Verſuche wurden nun in der Weiſe angeſtellt, daß atmoſphäriſche Luft in verſchiedenem Verhältniß mit Kohlenſäure gemiſcht ward. Ebenſo wurden die einzelnen Verſuche im Sonnenlicht und im Schatten angeſtellt. Bei den Verſuchen im Sonnenlicht wurden die Apparate täglich fünf bis ſechs Stunden der direkten Einwirkung der Sonne ausgeſetzt.

Beim Sonnenlicht lebten die Pflanzen in einer Atmoſphäre, die aus gleichen Theilen atmoſphäriſcher Luft und Kohlenſäure zuſammengeſetzt war, mehrere Tage, dann aber verwelkten ſie. Wenn der Kohlenſäuregehalt der Luft noch vermehrt wurde, gingen die Pflanzen im Sonnenlicht noch ſchneller zu Grunde. Dagegen gediehen die jungen Pflanzen augenſcheinlich, wenn die ſie umgebende Luft nicht mehr als den elften Theil von Kohlenſäure enthielt, es war dann ſogar ihr Wachsthum kräftiger als in der atmoſphäriſchen Luft. Nach einem dieſer Verſuche war der eingeſchloſſenen Luft ihre Kohlenſäure faſt gänzlich entzogen.

Pflanzen, die im Schatten ſtanden, war ſchon ein kleiner Zuſatz von Kohlenſäure zur atmoſphäriſchen Luft ſchädlich, ſo lebten die Pflanzen nur ſechs Tage, wenn $^1/_4$ Kohlenſäure hinzugeſetzt wurde. Betrug der Zuſatz den zwölften Theil, ſo lebten die Pflanzen zehn Tage. Wachsthum fand unter ſolchen Verhältniſſen gar nicht ſtatt, oder war wenigſtens viel geringer als in gewöhnlicher Luft.

Es zeigen dieſe Verſuche Sauſſure's deutlich, daß die Pflanze Kohlenſäure als Nahrung im Sonnenlichte aufnimmt, und daß wenn ferner dieſelbe der Pflanze in wenig bedeutenderem Grade geboten wird, wie ſie ſich in der atmoſphäriſchen Luft befindet, das Wachsthum dadurch befördert wird, ſofern nämlich die Pflanze auch unter Verhältniſſe gebracht wird, in denen ſie die in vermehrtem Grade gebotene Kohlenſäure ſich aneignen kann. Betrug jedoch die Kohlenſäure mehr als den elften Theil der Luft, ſo wirkte ſie überhaupt ſchädlich ein, ja bei im Schatten wachſenden Pflanzen zeigten ſchon geringere Quantitäten ſchädlichen Einfluß Es geht hieraus zur Genüge hervor, daß der nährende Stoff der Luft ſich ganz ähnlich verhält wie die Nährſtoffe des Bodens und Waſſers. Er darf nur in geringen Quantitäten, gemiſcht mit Sauerſtoff und Stickgas (Sauſſure und nach ihm alle anderen Phytotomen, ſagen nur gemiſcht mit Sauerſtoff) geboten werden, wenn ihn die Pflanze ſich aneignen ſoll, ohne daß er ihr ſchädlich wird. Dann aber wird er von der Pflanze fixirt und zur Vermehrung ihrer feſten Beſtandtheile verwendet, wie Sauſſure ganz ſpeziell an einem Pflänzchen von Vinca nachwies, welches ſich aus der aufgenommenen Kohlenſäure 217 Milligramm Kohle aneignete und im Ganzen um 531 Milligramm an organiſcher Subſtanz zunahm.

Schon die erſten Beobachter gaben, um dieſe Vorgänge klar zu machen, die Erklärung, daß die Pflanze die Kohlenſäure zerſetze, ſich den Kohlenſtoff, der eine Verbindung mit dem Waſſer eingehe, aneigne

Digitized by Google

und dafür Sauerstoff an die Atmosphäre abgebe. Diese Annahme ist ohne nähere Prüfung in alle Handbücher übergegangen, ein Beweis für dieselbe ward jedoch nirgends geleistet. Liebig und Schleiden traten zuerst dieser Ansicht entgegen, indem sie darauf aufmerksam machten, daß die Kohlensäure eine der festesten aller Verbindungen sei, die sich nur sehr schwer zersetze, es sei daher wahrscheinlicher, daß Wasser zerlegt und der Sauerstoff desselben ausgeschieden werde, während der Wasserstoff desselben mit Kohlensäure Verbindungen eingehe. Mulder endlich verwirft beide Ansichten, indem er annimmt, daß die Kohlensäure nicht mit dem Wasserstoff des Wassers, sondern mit irgend einer andern in der Pflanze enthaltenen Substanz Verbindungen eingehe und Sauerstoff durch Zersetzung einer bereits gebildeten organischen Substanz frei werde. In dieser Weise bringt Mulder die Ausscheidung von Sauerstoff im Licht, in Verbindung mit der Bildung von Chlorophyll, unterm gleichen Einfluß.

Wie dem nun aber auch sei, möglich, daß eine dieser Ansichten richtig, möglich, daß keine richtig oder daß alle theilweis richtig, was uns am wahrscheinlichsten, so wird durch solches starkes Auseinandergehen der Ansichten schon bei dem verhältnißmäßig einfachsten Assimilationsprozeß im Innern der Pflanze nur der Beweis geleistet, daß wir in dieser Hinsicht noch gar nichts wissen und daß es uns auch kaum je vergönnt sein wird, der Natur in diese ihre geheimste Werkstätte zu folgen und jene unterm Einfluß der Lebenskraft vorgehenden Prozesse genau kennen zu lernen.

Halten wir uns daher nur an positive Thatsachen, so ist nur so viel gewiß, daß bei der Aufnahme von Kohlensäure Sauerstoff frei wird. Diese Aushauchung von Sauerstoff steht jederzeit in einem bestimmten Verhältniß zur Aufnahme von Kohlensäure, ist aber stets geringer als die Letztere. In ersterer Hinsicht ist es sogar erwiesen, daß nicht bloß die durch die grünen Pflanzentheile im Sonnenlichte aufgenommene Kohlensäure die Abgabe von Sauerstoff bedingt, sondern daß auch die Aufnahme von Kohlensäure durch die Wurzel auf die Aushauchung von Sauerstoff hinwirkt. So wird ein eingeschlossener Zweig, dessen unteres Ende in kohlensäurehaltiges Wasser eingetaucht wird, mittelst seiner Blätter mehr Sauerstoff aushauchen, als ein in gewöhnliches Wasser eingetauchter.

In noch höherem Grade ist dieß mit im Boden wurzelnden Pflanzen der Fall, und es dürfte diese Eigenschaft der Pflanze es erklären, wie es möglich wird, daß die Pflanze wirklich im Stande ist, den Sauerstoffgehalt der Luft zu vermehren, eine Eigenschaft, welche, wie wir früher sahen, lediglich durch den Stoffwechsel der Blätter nicht erklärt werden kann.

Wieder sind es die Versuche Saussure's und Bousſingault's, welche uns hier sichere Anhaltspunkte geben. Saussure sperrte Epheupflanzen unter einem Apparat ab und speiste deren Wurzeln mit einer möglichst kleinen Quantität Wassers. Der Versuch dauerte sechs Tage, die Pflanzen wurden von 5 bis 11 Uhr der Einwirkung der Sonne ausgesetzt.

Digitized by Google

Das Volumen der Luft hatte sich nicht geändert, aber die Kohlensäure war verschwunden und der Sauerstoff hatte sich etwas vermehrt.

Die Analyse zeigte nämlich:

		Stickstoff	Sauerstoff	Kohlensäure
Vorher: Volumen	= 5746 an	4199	1116	431 Kub.Cent.
Nachher	= 5746 —	4338	1408	0
Unterschiede	0	+ 139	+ 292	— 431

Mithin war die verschwundene Kohlensäure durch Sauerstoff und Stickstoff vollkommen ersetzt. Fünf Versuche von Bousſingault gaben ähnliche Resultate, jedoch so, daß die fehlende Kohlensäure nicht immer vollkommen ersetzt und mithin das Volumen der Luft zuweilen verringert ward, sowie auch das Verhältniß von Sauerstoff und Stickstoff, die an die Stelle von der fehlenden Kohlensäure traten, unter sich sehr verschieden war, indem der ausgehauchte Stickstoff von ungefähr der Hälfte, wie beim Saussure'schen Versuch, bis auf ein Zwölftel des ausgehauchten Sauerstoffes herabsank.

Wir entnehmen also aus diesen Versuchen, daß wirklich nach einer Zeit von mehreren Tagen Kohlensäure verschwunden und an deren Stelle ein vermehrter Gehalt an Sauerstoff und Stickgas auftrat. Würde gleich bei nicht eingeschlossenen Pflanzen sich dieses Verhältniß wahrscheinlich anders gestalten, so liefern uns doch jene Versuche die Thatsache, daß die Pflanze aus ihrer Substanz während der Aufnahme von Kohlensäure, Sauerstoff bildet.

Daß dieß nicht ein bloß rein chemischer Vorgang, sondern ein Akt des Lebens ist, das beweist der Umstand, daß Blätter, deren Organisation durch Quetschen zerstört wird, keinen Sauerstoff mehr ausscheiden, während zerrissene Blätter diese Funktion noch versehen. Daß endlich der Sauerstoff während der Aufnahme von Kohlensäure gebildet wird und nicht schon vorher in Gasform vorhanden ist, zeigt die Ausscheidung desselben aus Pflanzen, die, wie die Conferven, gar keine Luft enthalten, oder auch aus solchen Blättern höherer Pflanzen, denen vorher mittelst der Luftpumpe die Luft genommen ward. Nach den Versuchen von Draper sind es die leuchtenden Strahlen des Lichtes, unter deren Einfluß sich der ausgeschiedene Sauerstoff bildet, während die chemischen und wärmenden Strahlen keinen Einfluß darauf zeigen. So entwickelten sich im rothen Licht 0,0, in orange und roth 24,75, in gelb und grün 43,75, in grün und blau 4,10, in blau 1,0 und in indigo 0,0 Sauerstofftheile.

Bezüglich der Menge des ausgeschiedenen Sauerstoffes im Verhältniß zur aufgenommenen Kohlensäure zeigen die oben angeführten Versuche, daß dieß Verhältniß je nach den Pflanzen und je nach der Art der Beleuchtung schwankt, immer aber weniger Sauerstoff abgegeben ward, als Kohlensäure aufgenommen. Ob jedoch die der Einwirkung der freien Luft ausgesetzte, unter normalen Verhältnissen im Boden lebende Pflanze das gleiche Verhältniß zeigt, darüber wissen wir noch nichts, wahrscheinlich ist jedoch bei derselben die Ausscheidung von Sauerstoff beträchtlicher, als bei der eingeschlossenen Pflanze oder gar abgeschnittenen Zweigen u. s. f.

Digitized by Google

5. Woher stammt das mit dem ausgeschiedenen Sauerstoff austretende Stickgas, und vermag die Pflanze Stickgas zu fixiren?

Die im Vorhergehenden angeführten Versuche über Luftausscheidung der lebenden Pflanze zeigten dem im Sonnenlichte ausgeschiedenen Sauerstoff bald in höherm, bald in geringerem Grade Stickstoff beigemischt. Die Menge desselben variirt nicht nur je nach den verschiedenen Pflanzen, sondern auch in der gleichen Pflanze je nach deren Vegetationsverhältnissen.

Werden z. B. derartige Versuche unter Wasser gemacht, wo das Wasser nach und nach die Interzellulargänge der Blätter injizirt, so ist die Menge des ausgeschiedenen Stickgases immer verhältnißmäßig größer; ferner ist auch die Menge desselben stets zu Anfang eines Versuches am größten und nimmt während der Dauer des Versuches immer mehr ab. Sehr reich an Stickgas ist gemeiniglich die in den Interzellulargängen und Luftgängen der höheren Pflanzen befindliche Luft. Eine Reihe von Versuchen, die Unger in neuester Zeit in dieser Beziehung anstellte, geben als Minimum der Zusammensetzung der aus den Blättern unverletzter Pflanzentheile oder aus den Schnittflächen abgeschnittener Pflanzentheile ausgetretenen Luft 42,4 Theile Stickgas und 57,6 Sauerstoff, aus (Cladophora fracta) einer Alge ohne Interzellulargänge, und als Maximum 94,0 Stickgas und 6,0 Sauerstoff aus dem Blattstiel des Kürbis. Die Schnittfläche der Blattstiele der letzteren Pflanze verhielt sich aber zu verschiedenen Zeiten sehr verschieden, denn es entwickelten sich z. B. bei einem anderen Versuche nur 77,6 Theile Stickgas aus denselben. Die Versuche von Draper hatten ein ähnliches Ergebniß, indem er z. B. bei Pinus Taeda, bei einem Versuch fast gleich viel Stickgas und Sauerstoff, bei einem andern nur halb so viel Stickgas als Sauerstoff erhielt, ja bei Poa annua betrug einmal das ausgeschiedene Stickgas nur $^1/_{10}$ des Sauerstoffes.

Da nun ferner die Versuche Saussures an eingeschlossenen Pflanzen nachgewiesen haben, daß der ursprüngliche Gehalt der atmosphärischen Luft an Stickgas durch diese Ausscheidung noch vermehrt wird, so hat von jeher die Frage alle Phytotomen beschäftiget, woher kommt dasselbe?

Schon Bousingault beantwortete diese Frage durchaus richtig, indem er annimmt, daß das ausgeschiedene Stickgas einzig aus der atmosphärischen Luft und mittelbar also auch aus dem Wasser, welches atmosphärische Luft stets in größerer oder geringerer Menge enthält, abzuleiten sei.

Wir haben das Stickgas als einen Stoff kennen gelernt, der durchaus keine Neigung sich mit andern Stoffen zu verbinden zeigt. So wichtig dasselbe zur Unterhaltung des Lebens der Pflanzen und Thiere, und in so großer Menge es in der Luft enthalten ist, so wenig Fähigkeit besitzt der pflanzliche und thierische Organismus sich den Stickstoff in Form von Stickgas anzueignen.

Die abwechselnde Aufnahme von Kohlensäure und Sauerstoff von der Pflanze können wir uns nun bloß in zwei Richtungen vor sich gehend denken. In der einen Richtung werden diese Gase als Mengetheil der

Digitized by Google

atmosphärischen Luft der Pflanzenzelle zur Aufnahme geboten, in der andern Richtung wird mit dem Wasser atmosphärische Luft aufgenommen. Die atmosphärische Luft, welche mittelst der Spaltöffnungen in die Interzellular- und Luftgänge der Pflanze eintritt, wird nun bei jenen Vorgängen entweder ihrer Kohlensäure oder ihres Sauerstoffes beraubt, das Stickgas aber bleibt ihr nicht nur unverändert, sondern es wird auch noch das Stickgas der mittelst des Wassers in die Zellen eingedrungenen Luft noch außerdem abgeschieden.

Es erklärt sich hieraus, warum die in den Pflanzen enthaltene Luft stets an Stickgas sehr reich sein muß und wie dieses während des Sonnenscheins mit dem stets sich bildenden Sauerstoff oder bei Lichtmangel mit Kohlensäure gemischt austreten muß. Die Vermehrung des Stickstoffgehaltes der Luft durch den Athmungsprozeß der Pflanze ist daher lediglich auf diese Weise zu erklären.

Dieser Ansicht traten in neuerer Zeit Draper und die Herren Cloëz und Gradiolet entgegen, welche behaupteten, das ausgeschiedene Stickgas rühre von der Zersetzung stickstoffhaltiger Stoffe im Innern der Pflanze her. Diesem widerspricht nun aber schon einestheils die Erfahrung, daß im Sonnenschein wachsende Pflanzen, wo diese Entbindung am bedeutendsten ist, die kräftigsten jungen Triebe bilden und mithin stete Ablagerung neuer Stoffe zeigen, was mit einem Verlust von dem der Pflanze so schon spärlich zugemessenen Stickstoff nicht vereinbar ist.

Ferner hat auch Unger (Märzheft 1853 der Akademie d. W. zu Wien) die Versuche der beiden letzten Herren mit außerordentlicher Umsicht an Algen wiederholt und nachgewiesen, daß die ganze Masse des ausgehauchten Stickgases, die während der Dauer des Versuches immer mehr und mehr abnahm, sich vollkommen aus dem Gehalt des Wassers an atmosphärischer Luft erklären ließ.

Sehr treffend macht Unger dabei darauf aufmerksam, daß wenn die beiden französischen Beobachter, die zu ihren Beobachtungen des Potamogeton perfoliatus benutzten, auch abgekochtes luftfreies Wasser benutzt hätten, dasselbe sich doch im Laufe des Versuches wieder mit atmosphärischer Luft sättigen konnte, von der es nicht abgeschlossen war. Außerdem fand während jenem Versuch auch ein Erbleichen und Abmagerung jener Versuchspflanzen statt und es könnten hiermit allerdings in diesem speziellen Falle, nicht normale Verhältnisse die Umbildung stickstoffreicher Substanzen und in Folge dessen Abgabe von Stickgas und Erkrankung der Pflanzen bewirkt haben.

Den zweiten Theil der Frage, ob die Pflanze es vermag, auch den reinen Stickstoff der Luft zu fixiren, haben wir schon wiederholt dahin beantwortet, daß dieses nicht der Fall sei. Dennoch müssen wir hier noch einmal darauf zurückkommen, da in neuester Zeit ein französischer Forscher, Herr Ville, diese Frage wieder in entgegengesetzter Weise beantwortet hat. Derselbe stellt alle jene Thatsachen, welche zeigen, daß die Pflanze mehr Stickstoff produzirt, als ihr mit dem Dünger im Bo-

Digitized by Google

den geboten wird auf Rechnung der Aufnahme und Fixirung des Stickstoffes der Luft.

Es hat daher auch Bouſſingault dieſe Frage wieder von Neuem aufgenommen und eine Reihe ſtreng kontrollirter Verſuche in dieſer Beziehung angeſtellt. Zu dieſem Zwecke wurden Pflanzen in einen Boden geſäet, welcher von allen organiſchen Beſtandtheilen durchaus frei war und zum Befeuchten ward Waſſer benutzt, welches durchaus keinen Ammoniak enthielt. Die äußere Luft ward durch Glasglocken hermetiſch abgeſchloſſen und nach Beendigung jedes Verſuches die Menge des in den Pflanzen enthaltenen, ſowie des im Boden und der Luft befindlichen Stickſtoffes beſtimmt. Die verſchiedenen mit Bohnen, Hafer, Kreſſe und Lupinen angeſtellten Verſuche ergaben das übereinſtimmende Reſultat, daß durchaus kein Stickſtoff aus der Luft aufgenommen ward. Es enthielten nämlich die Pflanzen noch etwas weniger Stickſtoff als ſich in den Samen befand, aus denen ſie erwachſen.

Wie ſehr bei derartigen Verſuchen jede Zufälligkeit beachtet werden muß, wenn ihr Reſultat ein richtiges ſein ſoll, beweiſt der folgende Umſtand. Es wurden Lupinen unter ähnlichen Verhältniſſen ausgeſäet, zugleich aber auch mehrere verdorbene, nicht keimfähige Samen derſelben gelegt. Unterm Einfluß der geringen Menge von Stickſtoff, die hierdurch den wirklich keimenden Pflanzen im Boden geboten wurden, zeigten dieſelben eine auffallend kräftigere Vegetation. Die Analyſe zeigte, daß ſich die Pflanzen den Stickſtoff der nicht keimfähigen Samen faſt vollſtändig angeeignet hatten. Man darf deßhalb bei derartigen Verſuchen nur wenige Samen ſäen, und muß dieſe zuvor genau zählen, um auch den Einfluß etwa nicht keimender Samen berückſichtigen zu können.

Mithin that Bouſſingault durch jene Verſuche überzeugend dar, daß die Pflanzen den reinen Stickſtoff der Atmoſphäre nicht zu entziehen vermögen. Nun wirft zwar Ville dieſen Verſuchen vor, daß ſie in eingeſchloſſener Luft gemacht ſeien, daß die Pflanzen dadurch in anormale Verhältniſſe geſetzt würden und folglich deren Ergebniß nicht maßgebend ſei. Da es ſich aber hier nur um die Fähigkeit handelt, den auch jenen eingeſchloſſenen Pflanzen in reichlicher Maſſe mit der atmoſphäriſchen Luft gebotenen Stickſtoff zu fixiren, ſo laſſen ſich jene Einwürfe ſchwer begreifen. Dagegen halten wir die Verſuche von Ville für nicht maßgebend, bei denen derſelbe zu verſchiedenen Verſuchspflanzen immer neue Luft zuſtrömen ließ, deren Volumen durch einen Apparat gemeſſen wurde. Hiernach berechnete Herr Ville die Menge des mit der Luft den Pflanzen zugeführten Ammoniaks, und als er am Schluß des Verſuchs ſeine Rechnung ſchloß, fand er, daß die Pflanzen in ſich viel mehr Stickſtoff enthielten, als durch Zufuhr von Ammoniak aus der Luft und den Stickſtoffgehalt der Samen erklärt werden konnte. Bouſſingault hat ſchon ſehr richtig auf die vielen Zufälligkeiten hingewieſen, denen derartige Verſuche unterworfen und die nicht kontrollirt werden können, ſo wie daß auch das Verfahren zur Abmeſſung des zugeführten Ammoniaks viel zu unvollſtändig ſei.

Digitized by Google

Gehen wir auch mit der Ansicht Villes durchaus einig, daß die Vegetation eingeschlossener Pflanzen anormal, und daß in freier Luft lebende Pflanzen überhaupt viel mehr Masse produziren, als solche in eingeschlossener Luft, weil ihnen eben nicht genugsam Kohlensäure, Ammoniak ꝛc. in eingeschlossener Luft geboten wird, — so sollte gerade ein Vertreter der Ansicht, daß die Pflanzen auch den reinen Stickstoff fixiren könnten, schließen, daß wenn ihnen in abgeschlossener Luft kein Ammoniak geboten werde, sie den Stickstoff in desto größerer Menge aus der Luft aufnehmen müßten, nicht aber den Schluß Villes ziehen, daß sie wegen anormaler Verhältnisse nicht die Fähigkeit besäßen nun den Stickstoff der Luft zu fixiren. Wie gierig sich dieselben des Stickstoffes in verdaulicher Form auch in eingeschlossener Luft bemächtigen, das zeigt das erwähnte Beispiel der Lupinen-Samen.

B. Aufnahme von Sauerstoff.

Wenn das Licht nicht intensiv genug ist, hört die Aufnahme der Kohlensäure auf und die Aufnahme von Sauerstoff mittelst der grünen Theile beginnt in je höherem Grade, je mehr das Licht abnimmt. Außerdem zeigen alle nicht grün gefärbten Theile der Pflanze die gleiche Eigenschaft selbst im Sonnenlichte. Wenn wir die Aufnahme von Kohlensäure einen Akt der Ernährung genannt haben, so verdient die Aufnahme von Sauerstoff und die Abgabe von Kohlensäure den Namen des Athmungsprozesses, indem die Vorgänge dabei denen des Athmens der Thiere am ähnlichsten, wenn gleich nicht von einem mechanischen Ein- und Ausathmen die Rede sein kann. Wir wollen nun wieder die Aufnahme von Sauerstoff aus folgenden Gesichtspunkten untersuchen.

1. Wie verhält sich die Aufnahme von Sauerstoff zu der Abgabe von Kohlensäure? und wie verhalten sich die verschiedenen Pflanzen in dieser Beziehung? Welchen Einfluß zeigt zerstreutes Licht?

Die Aufnahme von Sauerstoff in ihrem Verhältniß zur Abgabe von Kohlensäure zeigt je nach den verschiedenen Pflanzen ganz bedeutende Schwankungen. Bei allen Pflanzen ist jedoch die Aufnahme von Sauerstoff größer als die Abgabe von Kohlensäure, und findet dabei stets eine gewisse Veränderung des Luftvolumens statt.

Nach Saussure wechselt die Aufnahme des Sauerstoffes durch die Blätter je nach den Pflanzen und anderen Verhältnissen so sehr, daß sie binnen vierundzwanzig Stunden von ein Drittheil bis zum achtfachen des Volumens der Blätter betragen kann. Die Ausscheidung von Kohlensäure beträgt dagegen bedeutend weniger. Besonders wirken auf diese Vorgänge sowohl der Bau sowie die Stoffe ein, welche die Pflanzen enthalten.

Von den im Innern der Zellen aufgespeicherten Stoffen zeigen die einen eine viel größere Neigung, sich mit dem Sauerstoff zu verbinden, und daraus ist die oft erstaunliche Fähigkeit mancher Pflanzen, Sauerstoff zu verschlucken, herzuleiten. So absorbiren die saftigen fleischigen Blätter

Digitized by Google

der Agave americana in vierundzwanzig Stunden nur 0,3 ihres Volumens an Sauerstoff, während der Buchs das $1\frac{1}{2}$fache, die Kartoffel das $2\frac{1}{2}$fache, die an flüchtigen Oelen reichen Blätter der Fichte ungefähr das dreifache, die gerbstoffhaltigen Blätter der Eiche das vierfache, die Blätter der Silberpappel ungefähr das sechsfache und Prunus armeniaca und die Buche sogar das achtfache ihres Volumens in der gleichen Zeit an Sauerstoff aufnehmen, und viel weniger Kohlensäure dafür aushauchen. Diese Aufnahme ist vor der Blüthezeit am stärksten und nimmt später immer mehr ab.

Nach Saussure's zahlreichen Beobachtungen zeigt aber der Bau einen nicht minder wichtigen Einfluß auf diese Vorgänge, indem im Allgemeinen die blattwerfenden Bäume und Sträucher mehr Sauerstoff aufnehmen als die immergrünen Bäume und perennirenden Stauden, diese wieder mehr als die Sumpf- und Wasserpflanzen, am wenigsten aber die Fettpflanzen. Endlich nimmt auch das junge Blatt ein viel bedeutenderes Quantum von Sauerstoff ein, als das alte; so das junge Blatt des Pfirsichs das $6\frac{1}{2}$fache seines Volumens, und alte des gleichen Baumes nur das $4\frac{1}{2}$fache.

Eben so verschieden wie in Bezug auf die Quantität dieser Aufnahme scheinen sich die Pflanzen in Bezug auf denjenigen Grad des Lichtes zu verhalten, der es bestimmt, wenn für sie die Aufnahme von Kohlensäure und die von Sauerstoff beginnt. Bestimmte Angaben besitzen wir darüber nicht, sondern man sagt nur ganz allgemein, daß die erstere im Lichte, die andere bei der Dunkelheit stattfinde und im zerstreuten Lichte, d. h. im Schatten oder bei bedecktem Himmel diese Vorgänge weniger intensiv stattfänden. Die Beobachtung der Lebensweise der Pflanzen macht es aber nun sehr wahrscheinlich, daß sich dieselben in dieser Hinsicht sehr verschieden verhalten, und daß z. B. bei eigentlichen Schattenpflanzen auch im zerstreuten Lichte die Aufnahme von Kohlensäure ihren regelmäßigen Verlauf hat, während bei solchen, die einen durchaus sonnigen Standort lieben, im zerstreuten Lichte die Aufnahme von Kohlensäure entweder sehr unbedeutend ist oder schon zur Aufnahme von Sauerstoff umschlägt. Wir schließen dieß aus dem auffallend nachtheiligen Einfluß, den Entziehung des direkten Sonnenlichtes auf viele Pflanzen während ihrer Vegetationszeit ausübt, ein Einfluß, der sich besonders auffallend an manchen Pflanzen schon bei zu dichtem Standort für die unteren in beständigem Schatten stehenden Theile derselben äußert, welche anfänglich ein dünnes Wachsthum zeigen und dann ganz absterben, wodurch derartig gepflanzte Bäume und Sträucher einerseits zu unnatürlichem Wachsthum in die Länge angereizt werden, während sie andererseits unten kahl werden. Daß dieser Erscheinung Mangel an Licht zu Grunde liegt, ist bekannt, die Erscheinung selbst wird aber sehr wahrscheinlich durch Aufhebung der Aufnahme von Kohlensäure veranlaßt.

Unger, der in neuester Zeit einen einige Wochen andauernden Versuch mit abgeschnittenen eingeschlossenen Zweigen der Aristolochia Sipho

Digitized by Google

machte und diesen Versuch sehr genau kontrollirte (Märzheft Jahrg. 1854 d. Akad. d. W. in Wien), fand, daß dieselben bei Ausschluß des direkten Sonnenlichtes stets Sauerstoff aus der Atmosphäre aufnahmen, und in der Quantität der Aufnahme keinen Unterschied zwischen völliger Dunkelheit und zerstreutem Tageslichte machten. Die Aufnahme des Sauerstoffes betrug in den ersten vierundzwanzig Stunden das Vierfache des Volumens der Blätter, nahm dann aber täglich ab und endete mit beinahe gänzlicher Konsumtion des Sauerstoffes. Ein ähnliches Ergebniß hatte ein Versuch, der mit einer in einem Topfe befindlichen Pflanze, eines Pittosporum Tobira, angestellt wurde, wobei der Topf in ein anderes Glasgefäß eingesenkt und luftdicht abgeschlossen ward.

Sehr beachtenswerth sind aber ganz besonders Ungers schon oben erwähnte Versuche in Bezug auf die relative Thätigkeit beider Blattflächen bei der Abgabe von Sauerstoff und Kohlensäure, insofern diese zeigen, daß sich in ersterer Beziehung beide Blattflächen durchaus gleich verhalten, in letzterer Beziehung aber die untere, mit zahlreicheren Spaltöffnungen versehene Blattfläche, die ungleich wirksamere ist. Finden diese Versuche eine allgemeinere Bestätigung, so dürften sie geeignet sein, noch mehr Licht auf diese Vorgänge zu werfen.

2. Wozu dient der aufgenommene Sauerstoff? woher kommt die ausgeschiedene Kohlensäure? und welchen Einfluß übt der Sauerstoff überhaupt auf die Pflanzen?

Wenn das ganze Blatt gleichmäßig mit Zellflüssigkeit durchdrungen wäre und diese Flüssigkeit nur aus Wasser bestände, so könnte ein Blatt doch nicht mehr als das $6^1/_2$fache seines Volumens an Sauerstoff aufnehmen. Da wir nun aber gesehen haben, daß manche Blätter binnen vierundzwanzig Stunden bis zum achtfachen ihres Volumens an Sauerstoff aufnehmen, so kann hier nicht von einem bloßen Einsaugen desselben die Rede sein, um ihn beim Sonnenschein wieder zu entlassen, sondern der aufgenommene Sauerstoff muß zur Einleitung chemischer Prozesse im Innern der Pflanze dienen, wobei der Sauerstoff aus den Blättern bis in die nicht grünen Theile zurückgeführt wird. Theils mögen diese Vorgänge in einer Entkohlung der Pflanzenstoffe bestehen, wobei eben Kohlensäure frei wird, theils mag durch die Aufnahme von Sauerstoff die Oxydation mancher Pflanzenstoffe und mittelst dieser Ueberführung in andere Verbindungen eingeleitet werden. Wir finden daher die Aufnahme von Sauerstoff allenthalben da in besonders hohem Verhältniß, wo Säurebildungen, Umbildung von Stärke in Zucker und dergleichen Prozesse stattfinden. Die Blüthen und Früchte nehmen daher ausschließlich Sauerstoff auf, und namentlich ist der Verbrauch der ersteren an Sauerstoff viel beträchtlicher als der der Blätter. Unter Einwirkung der Sauerstoffaufnahme findet die Umbildung von Amylum in Zucker, von Zucker in Säuren ꝛc. statt, Vorgänge, unter denen die Lagerreife der Früchte eintritt u. s. f.

Liebig hat aus diesen Gründen die Aufnahme von Sauerstoff für einen einfachen Oxydationsprozeß erklärt, was er jedoch nicht ist, denn

Digitized by Google

der Sauerstoff ist der Pflanze zum Leben so nothwendig, wie dem Thier zum Athmen. Unterm Einfluß von Sauerstoff gehen überhaupt die meisten Veränderungen im Innern der Pflanze vor sich.

Um die Wirkung desselben recht anschaulich zu machen, müssen wir untersuchen, was für Folgen eintreten, sobald derselbe der Pflanze entzogen wird.

Bringt man Pflanzen mit ihren oberirdischen Theilen in eine Atmosphäre von reiner Kohlensäure, Wasserstoff oder Stickgas, so hören alle ihre Funktionen sogleich auf, das Wachsthum schreitet nicht mehr voran, der Zustand des Wachens und Schlafens tritt nicht mehr ein, die Sinnpflanze verliert ihre Reizbarkeit. Dauern diese Verhältnisse an, so verfaulen die Blätter, Blumen und Knospen fallen ab und selbst einzelne Organe, auf diese Weise abgeschlossen, gehen zu Grunde, während die unter gewöhnlichen Verhältnissen lebenden andern Pflanzentheile fröhlich weiter wachsen. Diese Erscheinungen beobachtete schon Dütrochet. Saussure fand, daß Pflanzen, die in sauerstoffleerer Luft gehalten wurden, noch schneller zu Grunde gingen, wenn sie im Dunkeln gehalten wurden. Auf diese Weise verfaulte selbst ein Cactus schon in fünf Tagen, wobei allerdings auch unterdrückte Ausdünstung mitgewirkt haben mag. Länger schon blieben in reinem Stickstoff abgeschlossene Pflanzen am Leben, wenn man sie auch der Einwirkung des Tageslichtes aussetzte. Sie bildeten dann bei Tage eine kleine Quantität Sauerstoff, die ausgehaucht wurde und mittelst der dann bei Nacht etwas Kohlensäure gebildet wurde. Auf diese Weise gelang es, das Leben einzelner Pflanzen eine Zeit lang zu fristen. Ward der Luft aber auch diese geringe Menge von Sauerstoff oder Kohlensäure entzogen, so vermochten sie solche nicht zum zweitenmale aus ihrer Substanz zu bilden und starben ab.

Auch auf die Wurzeln äußert der Sauerstoff eine sehr wohlthätige Einwirkung. So geht nach Bousſingault eine Pflanze, deren Stengel und Blätter in der Luft leben, deren Wurzeln aber in eine Atmosphäre von reiner Kohlensäure, Stickgas oder Wasserstoff gebracht werden, bald zu Grunde. Bringt man die Wurzeln aber unter ähnlichen Verhältnissen in reinen Sauerstoff, so absorbiren diese schnell ein Volumen desselben, welches mehrmals größer als ihr eigenes, ohne daß die Pflanze leidet.

Es geht hieraus zur Genüge hervor, daß für die Pflanzen- wie für die Thierwelt der Sauerstoff das den Lebensprozeß unterhaltende Gas ist, während andere Gasarten, wie Kohlensäure, Ammoniak Nahrmittel sind, die auf einmal nur in geringen Quantitäten gereicht werden dürfen, wenn sie nicht schädlich werden sollen. Es bleibt uns nur noch eine sich unmittelbar anschließende Frage zu beantworten übrig, nämlich:

Digitized by Google

3. Wie verhalten sich die Pflanzen, die nur auf die Aufnahme von Sauerstoff angewiesen sind? wie überhaupt nicht grün gefärbte Pflanzen und absterbende Pflanzentheile? und ist der Stoffwechsel ein Akt des Lebens?

Pflanzen, die ins Dunkle oder doch nur ins Halblicht gestellt werden, sind lediglich auf die Aufnahme von Sauerstoff beschränkt. Sie werden aus den in ihnen abgelagerten Stoffen Triebe bilden, allein diese werden um so dünner, schwächlicher, wässeriger und bleicher, je dunkler ihr Standort. Es werden diese Erscheinungen theils durch unterdrückte Verdunstung, großentheils aber auch dadurch bedingt, daß die Aufnahme von Kohlensäure und die mit dieser Hand in Hand gehende Bildung fester Stoffe nicht stattfinden kann. Die Blätter selbst bleiben kleiner, die den Pflanzen eigenthümlichen Säfte bilden sich nicht aus, kurz alles zeigt, daß die sie nährende, alle ihre Bildungen fester und solider machende Aufnahme von Kohlensäure und Ausscheidung des überschüssigen Sauerstoffes zu ihrem Nachtheil unterdrückt ist.

Die gegen den Herbst hin ihre lebhaft grüne Farbe verlierenden Blätter befinden sich in ganz ähnlichen Verhältnissen. Sie nehmen, wie überhaupt alle im Absterben befindlichen Pflanzentheile, auch im Sonnenlichte nur noch Sauerstoff auf. Dabei lösen sich alle in ihnen befindlichen festen deponirten Nahrungsstoffe und werden in den Stengel zurückgeführt, wo sie sich ablagern, um später zu neuen Bildungen verwendet zu werden. Das Abfallen des Laubes unter allmäligem Vergelben desselben ist daher der letzte Akt des im Absterben begriffenen Lebens desselben, und nicht etwa ein Zeichen von Krankheit, wie z. B. grün abfallende Blätter. Vor dem Abfallen sich entfärbende Blätter haben die ihnen zuertheilten Funktionen erfüllt, sind nun der Pflanze unnütz und geben sogar vor ihrem Abfallen noch die in ihnen gebildeten Nahrungsstoffe an die Pflanze zurück. Aehnlich verhalten sich die absterbenden Stengel unserer Stauden in Bezug auf den unterirdischen Wurzelstock, oder das natürlich abdorrende Kraut der Kartoffel in Bezug auf die Knollen, sie kräftigen, indem sie absterben, noch jene unterirdischen Gebilde.

Ueberhaupt kann man es als ein allgemein gültiges Gesetz aussprechen, daß nur die jungen Blätter, so lang sie noch im Wachsthum befindlich und noch nicht in allen ihren Theilen fest ausgebildet sind, für die Ernährung der Pflanze thätig sind. Vollständig ausgebildete ältere Blätter fixiren auch im frischen Zustande kaum noch Kohlenstoff von Belang, sondern sie überlassen dieses Geschäft vorzüglich den jungen Blättern. Diese letzteren sind es daher auch, welche durch den Einfluß schädlicher Gasarten, wie von Ammoniak in frisch angelegten Treibbeeten, durch Rauch u. s. f. am schnellsten zerstört werden. Daß es die jüngsten Blätter sind, die die meisten luftförmigen Stoffe im Sonnenlichte ausscheiden, dazu liefert jeder Versuch mit Zweigen, die unter Wasser gebracht werden, den Beweis. Sehr wahrscheinlich steht dieß in unmittelbarer Beziehung zur Ausscheidung gasartiger Stoffe durch die ganze Oberfläche, sowie andrerseits aus der festeren Ausbildung der

Digitized by Google

Oberhaut der alten Blätter, deren Eigenschaft keinen Sauerstoff mehr auszuscheiden, resultiren möchte.

Das Fallen der Blätter findet entweder ganz allmälig von unten nach oben statt, sowie die Blätter der Pflanze nicht mehr von Nutzen sind, so bei vielen immergrünen Halbsträuchern mit weichem Laube, wie bei den Pelargonien, — oder der Laubfall aller Blätter stellt sich unmittelbar vor dem Ruhestand ein, — so bei unsern laubwerfenden Bäumen, oder das Laub bleibt mehr als ein Jahr und fällt je nach seinem Alter allmälig — so bei den hartlaubigen immergrünen Pflanzen.

Die nicht grün gefärbten Pflanzentheile, so sprachen wir es als allgemein gültige Regel aus, sind nur auf die Aufnahme von Sauerstoff beschränkt. Eine Ausnahme machen davon jedoch manche Pflanzen mit von Jugend auf roth gefärbten Blättern, so z. B. die Amaranthus-Arten, die rothe Gartenmelde, manche roth gefärbte Meeralge ꝛc., welche auch mit ihren rothen Blättern im Sonnenlichte lebhaft Kohlensäure aufnehmen. Dagegen zeigen jenen letzteren Prozeß die fahlgelben Wurzelparasiten und manche ähnlich gefärbte Humuspflanze gar nicht, wie die Orobanchen, Schuppenwurz u. a. m., welche sich überhaupt zur Pflanze, auf der sie leben, mehr nur wie Blumen derselben verhalten, und lediglich auf die Aufnahme von Sauerstoff angewiesen sind. Aehnlich verhält sich die Mehrzahl der Flechten.

Ganz abweichend von allen andern Pflanzen verhalten sich die Pilze, welche bei Tage und Nacht Wasserstoff- und Stickstoffgas aushauchen. Ueber den Ernährungsprozeß der Pilze wissen wir bis jetzt nichts weiter, als daß sie nur da ihr Fortkommen finden, wo ihnen entweder schon assimilirte Säfte, oder in der Auflösung begriffene Pflanzenstoffe zur Nahrung geboten werden.

Gestützt auf diese Mannigfaltigkeit der Erscheinungen werfen wir schließlich die Frage auf: Ist der Gasaustausch der Pflanze mit der atmosphärischen Luft ein durch die Lebenskraft bedingter Vorgang? oder lediglich eine Folge der chemischen Affinitätskräfte der einfachen Stoffe?

Alle diejenigen, welche die Lebenskraft überhaupt nur als ein Spiel der physikalischen und chemischen, den einfachen Grundstoffen adhärirenden Kräfte betrachten, sind natürlich Vertreter der letzteren Ansicht und betrachten mit Liebig die Aufnahme von Sauerstoff als einen Oxydations-, die Aufnahme von Kohlensäure als einen Desoxydationsprozeß; oder sie halten, mit Hinblick auf die Mannigfaltigkeit der Erscheinungen, auf den Wechsel derselben je nach den Pflanzen, den Organen ꝛc., mit Schleiden diese Vorgänge für eine zwar an das Leben gebundene Erscheinung, die sich jedoch ganz einfach aus den allgemeinen Gesetzen des Austausches der von Flüssigkeiten absorbirten Gasarten erklären lasse. Flüssigkeiten, sagt diese Theorie ferner, absorbiren häufig eine größere Menge von Gasarten, als sie festzuhalten im Stande sind. Werden dieselben frei oder durch eine Membran geschützt der Luft ausgesetzt, so geht nichtsdestoweniger das überschüssige Quantum davon. Auf diese Weise entweicht aus dem Wasser jede größere Menge von

Digitized by Google

Kohlensäure als 106,0 Volumenprozente, sowie jede größere Menge von Sauerstoff als 6,5 Volumenprozente. Eine Zucker- oder Gummilösung vermag aber nicht so viel als reines Wasser festzuhalten. Durch den Einfluß oder den Mangel von Licht wird nun eine Ueberladung der Pflanzensäfte, bald von Sauerstoff, bald von Kohlensäure bedingt, die dann da, wo die Pflanzenzellen mit der Atmosphäre in Berührung kommen, ausgeschieden werden. Aus diesem letzteren Gesichtspunkte sollen nun alle diejenigen Erscheinungen des Stoffwechsels erklärt werden, welche sich nicht auf die Gesetze des Gasaustausches zurückführen lassen, so die Aushauchung von Kohlensäure, wenn auch kein Sauerstoff in der umgebenden Luft enthalten ist ꝛc.

So leicht, wie sich in manchen Fällen aus diesen Gesichtspunkten der Stoffwechsel erklären läßt, so wenig dürfte dieß doch in vielen anderen Fällen gelingen. Wir müssen schon die spezielle Aeußerung der Lebenskraft in den sich nicht grün färbenden Blüthenorganen zu Hülfe nehmen, um deren abweichenden nur einseitigen Stoffwechsel zu erklären; wir sahen ferner bei den grün gefärbten Blättern, wenn deren in der ersten Jugend am höchsten potenzirtes Leben allmälig rückschreitet, auch allmälig die Aufnahme von Kohlensäure verschwinden, die Aufnahme von Sauerstoff geringer werden und vorzüglich unter Einwirkung dieses einseitigen Lebensprozesses das Leben des Blattes allmälig ganz erlöschen und dasselbe der Verwesung anheimfallen; wir sahen weiter in einzelnen Blüthenorganen die Aufnahme von Sauerstoff in so hohem Grade potenzirt, daß sich Wärme dabei entwickelt; wir sahen endlich die verschiedenen Pflanzen nicht bloß in Beziehung zur quantitativen Aufnahme von Gasen, sondern auch in Bezug auf Einwirkung des Lichtes in dieser Hinsicht sich verschieden verhalten, so daß es uns unmöglich erscheint, diese Vorgänge auf allgemeine physikalische und chemische Gesetze zurückzuführen, ohne dabei eine spezifisch verschiedene Lebenskraft für die Pflanze anzunehmen, die sich in den einzelnen Organen, ja selbst in den einzelnen Zellen auf eine verschiedene Weise äußert. Im höchsten Grade dürfte dieß aber seine Anwendung auf die chemischen, im Innern der Pflanzenzelle vorgehenden Veränderungen anwendbar sein, welche immer die nächste Veranlassung jedes Stoffwechsels sind. Der Forschung wird es in dieser Hinsicht kaum gelingen, mehr als Vermuthungen auszusprechen, denn der vollständigen Erklärung müßte unbedingt die Herstellung der lebendigen Pflanzenzelle auf dem Fuße folgen.

Die Bezeichnung als Oxydationsprozeß verdient daher die Aufnahme des Sauerstoffes nur dann, wenn sie an das Leben der ganzen Pflanze oder an die Weiterbildung der einzelnen Theile nicht gebunden erscheint, sondern durch die Sauerstoffaufnahme wirklich nur eine Zurückbildung organischer Stoffe in andere Bildungen vermittelt wird, wie dieß bei allen im Absterben begriffenen Pflanzentheilen, beim Reifen der Frucht, welche bei vielen Pflanzen, oft getrennt von der Pflanze erst vollkommen erfolgt, der Fall ist.

Digitized by Google

C. Schlüsse für den praktischen Gartenbau aus den mit dem Gasaustausch in Verbindung stehenden Erscheinungen.

Wir haben die Vorgänge beim Stoffwechsel der Gase, sowie überhaupt die ganze theilweise noch dunkle Partie der Ernährung der Pflanze verhältnißmäßig einläßlich behandelt, weil das richtige Verständniß dieser Vorgänge der wichtigste Grundpfeiler für den praktischen Gartenbau ist. Der Blumenfreund, der Gärtner, der mit seinen harmlosen Pflanzen lebt, der ihre Eigenthümlichkeiten bis in die kleinsten Einzelheiten beobachtet, er wird, wenn er diese Vorgänge verstanden, immer sich bald zu helfen wissen, wenn es seinen Lieblingen an dem einen oder andern fehlt.

Für die Pflanzen, die im freien Lande erzogen werden, resultirt aus dem Vorangehenden nur die Regel, daß man Sonnen- und Schattenpflanzen ihre gehörigen Standorte anweise. Daß man es vermeide, Bäume und Sträucher, die man in ihrer ganzen vollkommenen Entwicklung zu sehen wünscht, zu dicht zu pflanzen, sondern man weise ihnen einen nach allen Seiten durchaus freien Standort an. Gefangene Lagen werden im Allgemeinen wegen der sich nicht genugsam erneuernden Luftschichten nur für Schattenpflanzen günstig sein. Obstbäume schneide man stets so, daß die Krone derselben nach innen nicht zu dicht, sondern sich allen Seiten hin gleichmäßig und leicht vertheilt, daß Licht und Luftzug zur Genüge auf Blätter und Früchte einwirken kann. — Auf den Fall der Blätter werden wir später noch eintreten.

Viel zahlreicher sind dagegen die Regeln, die sich aus obigen für Pflanzen ableiten, die in geschlossenen Räumen kultivirt werden. Was wir im vorhergehenden Kapitel über den im Allgemeinen zu geringen Lichtzutritt, den man unsern Gewächshauspflanzen gestattet, gesagt, — das gilt auch in eben dem Grade aus den Gesichtspunkten, die dieses Kapitel an die Hand gibt. In besonders hohem Grade gilt dieß aber von den Samenpflanzen solcher Pflanzen, die einen sonnigen Standort verlangen. Die erste kräftige Entwickelung je einer Pflanze wirkt bei einjährigen Pflanzen auf den ganzen Lebenscyklus zurück, und was in der ersten Jugend versäumt ward, kann gemeiniglich später nicht mehr nachgeholt werden.

Wir pflegen die Samen unserer besseren Topf- und Landpflanzen, unserer Frühgemüse ꝛc. in geschlossenen Beeten auszusäen, welche, um das Keimen zu befördern, schattig, feucht und warm gehalten werden. Um Raum zu sparen, werden dazu die Samen selbst noch ziemlich dicht ausgesäet. Davon gehen die einen Pflanzen früher, die anderen später auf. Bleiben sie nun unter unveränderten Verhältnissen neben einander stehen, so bildet schon die junge Samenpflanze einen langen wässerigen Stengel, denn durch die Feuchtigkeit wird die Verdunstung, durch die Beschattung die energische Aufnahme der sie festigenden Kohlensäure gehindert. Viele zarte Pflanzen gehen oft schon am ersten oder zweiten Tage nach dem Keimen ihrem sichern Tode entgegen, indem sie umfallen, d. h. stengel- oder wurzelfaul werden. Unter den bekannteren Garten-

Digitized by Google

pflanzen will ich hier nur an die Portulak-Arten, Eucnide, Salpiglossis, Petunien, Melonen, an den Hahnenkamm und viele andere erinnern, die auf diese Weise oft eben so schnell ihren Tod finden, als sie keimten, wenn man ihnen nicht gleich nach dem Keimen die volle Einwirkung des Sonnenlichtes und Zutritt frischer Luft zu Theil werden läßt. Zähere Pflanzen, wie z. B. die meisten unserer Gemüse, werden unnatürlich lang und liefern dann meistens schlechte Setzlinge, die ihrem Zwecke gar nicht entsprechen. Wie groß der Unterschied zwischen einem von Jugend auf unter Einwirkung vollen Lichtes und möglichst vielem Luftzutritt nicht zu dicht ausgesäeten Gemüsesetzling, dessen Stengel und Blätter gehörig fest und also gegen schädliche Einflüsse beim Auspflanzen mehr ausgerüstet — und einem jener lang emporgeschossenen Setzlinge der gleichen Sorte ist, daß weiß jeder praktische Gärtner aus Erfahrung. Er weiß, daß ein derartig kräftig erzogener, vier Wochen früher gepflanzte verzärtelte Setzlinge noch überholt, wenn jene nicht unterdessen zu Grunde gingen. Dieses von unseren gewöhnlichsten leicht zu erziehenden Pflanzen genommene Beispiel gilt natürlich in viel höherem Grade für alle feineren Samenpflanzen.

Bei der Kultur in Beeten, in Gewächshäusern, die man der Einwirkung des Sonnenlichtes aussetzt, da ist eine andere Grundbedingung der glücklichen Kultur, steter Zutritt frischer Luft. Wir haben gesehen, wie schnell bei Sonnenschein lebhaft vegetirende Pflanzen den geringen Gehalt der atmosphärischen Luft an Kohlensäure verzehren, und daß, wenn ihnen nicht neue Kohlensäure mit frisch einströmender Luft während der Vegetationszeit zugeführt wird, anormale Zustände eintreten und die Zulassung des vollen Sonnenlichtes gar nicht seinen Zweck erreichen kann.

Wen hätte nicht schon mit Wohlbehagen das angenehme Gefühl durchströmt, das jeder empfindet, wenn er im ersten Frühling, wenn die Natur draußen noch öde und todt, wenn der Kohlensäuregehalt der Luft im Allgemeinen noch größer als zur Zeit der Vegetation der Pflanzen, — wenn er dann in ein stark gelüftetes und nicht oder schwach beschattetes Gewächshaus tritt, in dem die Pflanzen schon in voller Vegetation und die ersten Bienen in den Blumen kosen. Hier ist es der geringere Kohlensäuregehalt und der höhere Sauerstoffgehalt der Luft, der uns angenehm belebt und erfrischt, — Sauerstoff, der während der Aufnahme von Kohlensäure von den zahlreich versammelten Pflanzen zugleich mit Wasserdünsten ausgeschieden wird.

Kehren wir den Rahmen um, zeigen wir die traurige Rückseite des Bildes, welche ganz zu vermeiden in unseren nördlichen Breiten nicht in unserer Gewalt steht. Treten wir ein in die Gewächshäuser zur Zeit der kürzesten Tage, wenn lang andauerndes trübes Wetter, feuchte nasse Temperatur im Freien herrscht. Hier sehen wir allenthalben sich Moder ansetzen, die jungen, kurz zuvor noch lebenskräftigen zarteren Pflanzen, von Schimmel und Fäulniß ergriffen, ihrem Tode zahlreich entgegen eilen, oder viele andere unserer zartesten und liebsten Pflanzen wenigstens verunstaltet und leidend. Was ist hier der Grund?

Digitized by Google

Der eine derselben ist Mangel an Verdunstung, der andere Mangel an frischer Luft, und darum zu geringer Sauerstoffgehalt der Luft.

Wir haben darauf aufmerksam gemacht, daß alle die Sonne liebenden Pflanzen auch schon im zerstreuten Lichte unserer trüben Wintertage keine Kohlensäure mehr aufnehmen und Sauerstoff aushauchen. In besonders hohem Grade zeigen dieß jedenfalls die Pflanzen der Tropen, die unterm Einfluß der selten dauernd getrübten Sonne nie so lange Nächte, nie so dunkele kurze Tage in ihrem Vaterlande zu überdauern haben.

Zu dieser Zeit sind unsere Warmhäuser gemeiniglich fest geschlossen, jede Spalte vorsichtig gegen das Eindringen der kalten Luft verwahrt. Unter beständigem Verzehren von Sauerstoff und Aushauchen von Kohlensäure verändert sich der Gehalt der Luft auf eine für die unterm Einfluß von trübem Lichte wachsenden Pflanzen verderbliche Weise, wie dieß schon Saussure's Versuche mit so harten Pflanzen, wie Erbsen sind, zeigten. In Folge dessen treten die Erscheinungen ein, welche Sauerstoffmangel und Feuchtigkeit erzeugt, die jüngsten und zartesten Blätter faulen zuerst, und so manche junge aus Samen erzogene, im vollen Lichte des tropischen Klimas wachsende Leguminose, Melastomacee, Asclepiadee u. a. fallen diesen Verhältnissen zum Opfer. Wie ein Retter in der Noth kommt ein einzelner heller sonniger Tag, und siehe, dem Schimmel und der Fäulniß wird Halt geboten, die Pflanzen kehren für wenige Stunden zur Aufnahme von Kohlensäure und Aushauchung von Sauerstoff zurück; sie verdunsten zugleich das überschüssige Wasser.

Fragen wir da, wie läßt sich helfen, wie können derartige Uebelstände vermieden werden?

Ganz zu helfen ist nicht möglich, müssen wir da antworten, aber vermindern kann man diese Uebelstände durch zweckmäßige Lüftungseinrichtungen, Luftbewegung, trocknere Luft und Reinlichkeit. Das Einlassen frischer Luft auch mitten im Winter und damit verbundene vollständige Erneuerung der Luft ist nicht bloß in kalten, sondern ganz vorzüglich auch in Warmhäusern, wo wenigstens ein Theil der Pflanzen sich in steter Vegetation befindet, das wichtigste Mittel, um solchen Uebelständen abzuhelfen. Besonders vollkommen sind derartige Lüftungseinrichtungen in England ausgebildet. Klappen lassen die kalten Luftströme unmittelbar über den Heizungen eintreten. Die Luft tritt so auch mitten im Winter erwärmt ein und wird durch kleine Klappen in der Hintermauer oder dem Dach wieder herausgelassen. Der jedenfalls namhafte Verlust an Wärme ist es, welcher die Verbreitung derartiger Einrichtungen in Deutschland hindert, — zur möglichst vollkommnen Kultur, zur Gewährung der nothwendigsten Bedürfnisse für die Pflanze, zur Herstellung einer gesunden reinen Luft sind solche Einrichtungen aber unbedingt nothwendig.

Luftbewegung oder Luftströmung im Innern der Gewächshäuser ist eine fernere nicht minder wichtige Bedingung zum normalen Leben der Pflanzen. All die verschiedenen erwähnten Versuche, welche

Digitized by Google

mit Pflanzen angestellt wurden, die unter Glasglocken ꝛc. abgesperrt wurden, lieferten den Beweis, daß die Pflanze durch solche Absperrung stets in ihren natürlichen Funktionen gestört wird, daß der Gasaustausch lange nicht so lebhaft vor sich gehen kann, wie wenn die die Blätter umspielenden Luftschichten sich immer schnell wieder erneuern und so stets die für die Pflanzen nothwendigen Theile bieten können. Lüftungseinrichtungen bezwecken dieß wohl auch, im Winter aber können sie dieß nie so vollkommen erzwecken als es nothwendig, wenn nicht allzu großer Wärmeverlust damit verbunden werden soll. In ganz besonders hohem Grade ist aber derartige Luftbewegung nothwendig, in Gewächshäusern, wo mitten im Winter ein heiteres Leben entstehen soll, in allen Treibereien von Blumen und Früchten, denn je höher der Lebensprozeß potenzirt wird, desto nothwendiger ist Luftströmung. Unerläßlich sogar ist sie während der Blüthe, wenn die Blumen ihre verschiedenen ihnen übertragenen Verrichtungen normal vollführen und Frucht ansetzen sollen. Bei möglichst vollkommener Kultur sollte in jedem Gewächshaus eine Maschine angebracht sein, sei es in Form von Windmühlenflügeln, sei es mehr nach dem System von Luftpumpen, um im Innern des Gewächshauses von Zeit zu Zeit eine Rotation der Luft zu veranlassen. Reich dotirte Gartenbauvereine sollten auf die Konstruktion der einfachsten, zweckmäßigsten und billigsten derartigen Maschinen Preise aussetzen. Die Idee ist nicht neu, wir nehmen sie nicht für uns in Anspruch, schon vor dreißig Jahren wendete Wendland in Herrenhausen ein Windrad zur Luftbewegung in seinen Treibereien zur Zeit der Blüthe an.

Trockne Luft ist zwar im Allgemeinen den Pflanzen nichts weniger als zuträglich. Zu gewissen Zeiten im Winter kann sie aber, um das Niederschlagen der Feuchtigkeit auf den Blättern zu verhüten und einen Verdunstungsprozeß einzuleiten, zum wahren Bedürfniß werden. Der Bau der Häuser, Heizungen ꝛc. bedingen dieselbe, worauf wir erst in einem folgenden Bande näher eintreten können.

Reinlichkeit, in allen Beziehungen des Lebens eine so große Tugend, ist dieß in nicht minderem Grade bei der Kultur von Pflanzen, besonders aber während des Winters im Gewächshause. Allenthalben, wo ein Blatt oder Pflanzentheil seiner Verwesung entgegengeht, da wird Sauerstoff massenhaft aufgenommen und Kohlensäure gebildet, und der Ueberschuß der Kohlensäurebildung ist es ja, welcher das Abstocken, Faulen, Knospenwerfen ꝛc. vorzüglich bedingt. Auch Pilze zeigen insofern gleiche Eigenschaften, als sie stets nur Sauerstoff bei ihrem raschen Wachsthum massenhaft verzehren und durch Abgabe zweier für den Athmungsprozeß durchaus untauglicher Gasarten (Wasserstoff und Stickgas) zur Verschlechterung der Luft mitwirken. Wo daher faulende oder schlechte Blätter, wo Schimmel erscheint, da entferne man alle schlechten Theile immer sorgsam, und eine auffallende wohlthätige Rückwirkung auf die Pflanzen wird nicht ausbleiben.

Es versteht sich, daß alle diese Vorsichtsmaßregeln eben nur für die auch im Winter vegetirenden Pflanzen der Tropen nothwendig. Im

Digitized by Google

höchsten Grade aber für junge noch zarte Pflänzchen, deren Holz noch nicht gereift. Höhere Wärmegrade zur fortwährenden kräftigen Unterhaltung des Lebensprozesses ist für sie auch noch ein anderes Mittel der Erhaltung. — Ruhende, das Laub werfende Pflanzen haben natürlich von allen diesen Unannehmlichkeiten nicht zu leiden.

Wer sich ein recht anschauliches Bild der Veränderung der Zusammensetzung der Luft durch die Pflanzen verschaffen will, der sperre eine Pflanze unter einer Glasglocke luftdicht ab und bringe zu derselben ein brennendes Licht. Sobald der Sauerstoff unter der Glocke verzehrt, wird das Licht verlöschen. Nun setze man die Pflanze der Sonne aus, worauf sie Kohlensäure aufnehmen und Sauerstoff bilden wird, so daß nach einiger Zeit das Licht wieder Nahrung unter der Glocke zum Brennen finden wird.

Die Ward'schen Kästen, welche jetzt so vielfach zur Versendung von Pflanzen nach überseeischen Ländern benutzt werden, gehören ebenfalls zu jenen, auf die Wiederherstellung eines zum Leben der Pflanze günstigen Mischungsverhältnisses der Luft, durch abwechselnde Einwirkung von Licht und Dunkelheit berechneten Einrichtungen. Es sind dieß mit einem Glasdach von der äußeren Luft abgeschlossene Kisten, in welche die Pflanzen eingepflanzt werden und dann ohne schädlichen Einfluß Reisen von drei bis fünf Monate Länge überdauern, ohne begossen und besorgt werden zu müssen. Auf dem Decke der Schiffe stehend, wirkt das Licht der Sommersonne auf normale Unterhaltung des Lebensprozesses ein, und aus dem Boden, in dem sie gepflanzt, können sie durch Aufnahme von Kohlensäure die der Luft fehlenden Quanten derselben ersetzen! Man muß dabei nur nicht zu weit gehen, wie dieß in Bezug auf derartige Einrichtungen vielfach gethan worden, und etwa glauben, man könne auf diese Weise eine abgeschlossene Welt im Kleinen einrichten, die alle Bedingungen des Gedeihens der Pflanze vollständig in sich enthielte. Man soll solche Kästen nur für das betrachten was sie sind, nämlich als ein Mittel, lebende Pflanzen in eingeschlossene Räume zu verpacken und sie in leidlich gesundem Zustande nach Europa zu bringen. Vielfach wendet man auch ähnliche eleganter ausgeführte Konstruktionen an, um Schattenpflanzen, die eine feuchte Luft lieben, in der trocknen Luft des Zimmers zu kultiviren. Man konstruirt zu diesem Zwecke über eleganten Blumentischen, in welche die Farrenkräuter, Aroideen ꝛc. zwischen Tuffsteine eingepflanzt werden, elegante Glaskästen. Ein Irrthum ist es aber, wenn man glaubt, man brauche diese und ähnliche auf Ward's Prinzip konstruirte Einrichtungen nicht zu lüften. Ward selbst empfiehlt möglichst häufige Lüftung an, und beabsichtigte durch derartige Konstruktionen nur die betreffenden Pflanzen vor dem schädlichen Einflusse der Luft Londons, seines Kohlenstaubes ꝛc., zu schützen.

Endlich wollen wir hier noch schließlich einer Einrichtung gedenken, die in neuerer Zeit viel Aufsehen machte, und die Welt im Kleinen betitelt ward. Es sind dieß jene eleganten Fischbehälter für Goldfische im Zimmer. Um das Wasser nicht wöchentlich einige Mal wechseln zu

Digitized by Google

müssen, pflanzt man Wasserpflanzen, wie Vallisneria und andere leicht gedeihende Pflanzen in solche. Die Pflanzen nehmen alle faulenden organischen Bestandtheile des Wassers auf und erhalten dasselbe nicht nur gesund für die Fische, sondern sie stellen auch mittelst ihres Athmungsprozesses das durch den Athmungsprozeß der Fische gestörte Gleichgewicht wieder her. Die Fische verzehren den Sauerstoff des Wassers und geben Kohlensäure ab. Die Pflanzen nehmen die Kohlensäure auf und stellen den Sauerstoff wieder her. So einfach diese Einrichtung, so klar zeigt sie das Verhältniß, in welchem auch in dieser Hinsicht Thier- und Pflanzenwelt zu einander stehen.

Zweites Kapitel. Verbreitung, Veränderung, Verarbeitung und Ablagerung der aufgenommenen Stoffe in der Pflanze.

§ 22. Das Aufsteigen des Saftes.

a. Vertheilung der von außen aufgenommenen Flüssigkeit.

Wir haben früher schon die Pflanzen in Betreff ihrer aufsaugenden Organe kennen gelernt und gesehen, daß sie sich in dieser Beziehung sehr verschieden unter einander verhalten. Es kann demgemäß bei Pflanzen, die noch mit durchaus keinen wurzelartigen Organen versehen sind, auch nicht die Rede von einem Saftstrome sein, der sich ähnlich dem der höheren Pflanzen verhält. So nimmt in der einzelligen, sowie in der aus einfach an einander gereiheten Zellen bestehenden Fadenalge, jede einzelne Zelle ihre Nahrung von außen auf und theilt ihren Inhalt wohl kaum den anschließenden Zellen mit. Anders ist es bei allen Pflanzen, wo nur bestimmten Zellen oder Organen die Aufnahme der flüssigen Nahrung, die wir durch rohen Nahrungsstoff bezeichneten, übertragen ist. Hier muß die aufgenommene Flüssigkeit von den nach außen gelegenen Zellen den angrenzenden mitgetheilt und auf diese Weise durch die ganze Pflanze vertheilt werden. Hierdurch entsteht eine Saftströmung, welche von der Wurzel aus sich durch die ganze Pflanze vertheilt. Bei der Betrachtung derselben werden wir nur die vollkommenen, mit eigentlicher Wurzel versehenen Pflanzen zu Grunde legen, in geringerem Grade finden diese Vorgänge aber auch auf den größten Theil der Zellenpflanzen Anwendung, indem auch bei den Moosen, Flechten und selbst Pilzen die einen Organe mehr zur Aufnahme, die andern mehr zur Verarbeitung bestimmt sind.

b. Der Weg, den der Saftstrom in den höheren Pflanzen nimmt.

Mittelst der Endosmose saugt die Wurzelspitze den rohen Nahrungssaft mit einer bestimmten Kraft an sich, theilt ihn dem in die Wurzelspitze mündenden zentralen Holzkörper (Fig. 53) mit und dieser führt ihn in der Wurzel und bis zur Spitze des Stengels empor. Vom Stengel aus vertheilt sich derselbe, dem Verlauf der Holzbündel folgend, in alle Ver-

Digitized by Google

ästelungen und die Blätter. Hier wird er verarbeitet und als Bildungssaft von der inneren Rindenschicht bis in die Wurzel zurückgeführt. Mittelst der Markstrahlen kann sich der Bildungssaft auch bis zum Markkörper verbreiten. Im mehrjährigen Stamme sind es vorzüglich die jungen Holzschichten, welche den rohen Nahrungssaft emporführen.

Im Obigen ist alles das enthalten, was wir mit Bestimmtheit über den Weg wissen, den der Saftstrom in der Pflanze nimmt, ein Weg, der dem Kreislaufe des Blutes insofern ähnelt, als er von der Wurzelspitze beginnt und bis zu dieser wieder zurückkehrt. Zwar sind mehrere der oben ausgesprochenen Ansichten in neuerer Zeit von gewichtiger Seite angegriffen worden, aber es heißt blind gegen die Masse von Thatsachen sein, wenn wir diesen direkt und indirekt vielfach bewiesenen Verlauf der Saftströmung in Zweifel ziehen wollen.

Gehen wir zu den speziellen Beweisen für obige Ansichten über, so ist in erster Linie das Emporführen des rohen Nahrungssaftes eine allgemein anerkannte Thatsache, die jeder sehr leicht an im Frühling quer durchgeschnittenen Stämmen beobachten kann. Bekannt ist in dieser Beziehung das Thränen des Weinstockes. Bestritten dagegen wird der Weg, den der Saft nimmt, indem z. B. Schleiden behauptet, daß der rohe Saft von Holz und Rinde ziemlich gleichmäßig emporgeführt werde und daß das Zurückströmen des von den Blättern verarbeiteten Saftes ein reines Phantasiegebilde sei.

Wie ein so ausgezeichneter Beobachter, wie Schleiden, auf derartige Ansichten kommen konnte, ist schwer begreiflich. Schon wenn man im Frühling den Querdurchschnitt einer Weinreibe genauer mit der Lupe betrachtet, so wird man sich leicht überzeugen können, daß der von Zeit zu Zeit aufgetrocknete Saft immer nur aus dem Holzkörper nachquillt. Ein ganz einfacher Beweis, daß der Saft nur im Holzkörper emporsteigt, liegt ferner darin, daß ein Ast, den man mittelst eines Ringschnittes einen Streifen seiner Rinde bis auf die junge Holzschicht (den Splint) * wegnimmt, ungestört fortwächst. Durchschneidet man dagegen mit sorgfältiger Schonung der Rinde den Holzkörper, so wird der über dem Schnitte liegende Theil des Astes vertrocknen. Auch Versuche, die mit Pflanzen angestellt wurden, die zur Auffaugung gefärbter Säfte veranlaßt wurden, hatten das gleiche Ergebniß. Unger fand, daß sich zu derartigen Versuchen ganz besonders gut der rothe Saft der Kermesbeere und Hollunderbeere eignete. Nachdem dieser Saft frisch ausgedrückt, wird er durch Papier filtrirt und in offenen Gefäßen der Gährung ausgesetzt, und dann erst zwischen das zum Experimente bestimmte Wasser gemischt. Will man derartigen Saft zu Experimenten aufbewahren, so wird er in Krüge gefüllt, verkorkt und mit Blase verbunden, und nun läßt man ihn eine halbe Stunde in siedendem Wasser kochen. Nach Unger eignet sich die weiße Hyacynthe am besten zu einem derartigen Experimente,

* Man vergleiche hier den Abschnitt über den Bau des Stammes.

Digitized by Google

indem man hier den rothen Saft von den Wurzelspitzen bis zu den Spitzen der Blätter und der Blumenblätter in den Gefäßbündeln emporsteigen sieht.

Daß der von den Blättern verarbeitete Saft, wenigstens bei unsern dicotyledonischen Holzpflanzen, als Bildungssaft (Cambium) in der inneren Rindenschicht und den Bastzellen bis zu den Wurzeln zurückgeführt wird, das zeigt das Ablösen eines ringförmigen Streifens von Rinde am besten. Der Ast, an dem dieß geschah, wächst fort und zeigt besonders an dem oberen Wundrande sehr schnell Granulationen jungen Zellgewebes (Callus), welches durch den von oben nach unten geführten Rindensaft bedingt wird. Durch diese Operation wird nun aber gleichzeitig der Bildungssaft verhindert, weiter als bis zum abgelösten Ringe herabzusteigen, und dieß bedingt eine stärkere Ablagerung von Holz und überhaupt üppigere Ausbildung des ganzen Zweiges, der Blumen und Früchte oberhalb des Ringes *, sowie schwächere Ausbildung, Verhinderung der Bildung der Holzschicht ꝛc. unterhalb des Ringes. Unter dem Namen Zauberring oder Ringelschnitt findet diese Operation beim Obstbau zuweilen Anwendung, um größere Fruchtbarkeit und schönere Früchte zu erzielen. Doch sollte man im Allgemeinen diese Operation nur mit der größten Vorsicht anwenden, denn wenn der Schnitt so breit gemacht wird, daß die Rinde nicht bald durch junges, die Wunde deckendes Zellgewebe ersetzt wird, so erfolgt später in Folge der ungleichmäßigen Ernährung ein krankhafter Zustand und zuletzt Absterben des Zweiges. Wird aber nur ein schmaler Ring herausgenommen, so ersetzt sich die Rinde später wieder und der Ast lebt unbeschadet fort. Aehnliche Wirkungen zeigt auch schon das Umlegen von Drahtringen, welche bei der allmäligen Verdickung des Astes die Rinde durchschneiden und zuletzt ganz einwachsen, indem sich am obern Rande ein starker Zellwulst bildet, der sich später wieder vollständig mit dem unteren verbindet. Derartige unmittelbar über der Erde angelegte Drahtringe beschränken das Wurzelvermögen und wirken z. B. bei einjährigen Pflanzen angewendet, die zu sehr ins Kraut wuchern, auf früheres Ansetzen von Blumen, sowie durch Rückwirkung des verminderten Wurzelvermögens auf Beschränkung des Wachsthums ins Kraut hin.

Wenn gleich hieraus schon genugsam hervorgeht, daß die innere Rinde und Bast sich beim Aufführen des rohen Nahrungssaftes nicht bethätigen, sowie daß in ihnen der Bildungssaft wieder bis zur Wurzel herabsteigt, so nennt dennoch Schleiden diese ganze Lehre ein Hirnge-

* Im Frühling 1855 im hiesigen Garten geringelte Zweige des **Ficus imperialis** wurden binnen sechs Wochen oberhalb des Ringelschnittes durch neu abgelagerte Holzschichten fast noch einmal so dick, als der unterhalb des Ringelschnittes befindliche, unverändert bleibende Asttheil. Daß jedoch mit der Verhinderung des Zurückströmens des Saftes auch ein Hinderniß für kräftiges Aufsteigen stattfindet, ging daraus hervor, daß die geringelten Aeste viel später als nicht geringelte von Neuem austrieben und die Blätter eine gesenkte Stellung einnahmen, wenn gleich sie vollständig von Saft erfüllt waren.

Digitized by Google

spinst. Er sucht die oben aufgeführten Thatsachen, welche für diese Ansicht unbedingt sprechen, durch folgende Annahme zu erklären: Das Emporsteigen des rohen Saftes finde in allen Theilen der Pflanze ziemlich gleichmäßig statt. In den nach außen liegenden Rindenzellen verdichte sich dieser rohe Saft durch Verdunstung und bedinge daher ein besonders lebhaftes Nachdringen des flüssigeren von unten nachsteigenden Saftes. Werde dieser Strom unterbrochen, so müsse natürlich im obern Theile die Säftemasse sich bald mehr konzentriren und dadurch bildungsfähiger werden. — Dieß ist die Ansicht Schleiden's, wodurch derselbe die Fabel vom Herabsteigen des Bildungssaftes zu entkräften und den auch von ihm anerkannten Folgen des Zauberringes ꝛc. eine natürlichere Erklärung zu geben versucht.

Hat damit Schleiden aber an die Stelle der von uns acceptirten Anschauung wohl etwas besseres gesetzt? Ist es wirklich denkbar, daß durch Entziehung der nachströmenden Nahrung von unten die Bildung der jungen Holzschicht oberhalb und das Fehlen derselben unterhalb des Ringes, sowie die des Callus an der obern Schnittfläche erklärt werden kann, während diese Erscheinung da, wo noch Saft von unten nachdringt, nämlich am untern Wundrande, gar nicht oder doch nur in sehr geringem Grade stattfindet? Kann ferner von einer Verdunstung der innern Rindenzellen, alter, mit dicker abgestorbener Borke überkleideter Bäume die Rede sein, wo sich doch die nämlichen Erscheinungen zeigen? Dieß sind Fragen, die Schleiden's Ansicht nie lösen wird, denn wo eine Verdichtung durch Verdunstung entsteht, da setzt dieser Vorgang auch stets Nachdringen neuer Säfte voraus, und zwar in noch höherem Grade als verdunstet wird, wenn dabei noch Neubildungen und Vermehrung der Masse stattfinden soll.

Außerdem gibt es aber noch eine Menge anderer Lebenserscheinungen, welche Schleidens Ansicht nicht minder deutlich widerlegen und die schon von Dutrochet und Hales gegebene Erklärung bestätigen. So die Bewurzelung der Stecklinge, die Vorgänge beim Edelreis u. s. f., die wir später einläßlicher besprechen werden. Hier nur an Schleiden die Frage: „Ist es auch möglich, die aus den Rändern der Schnittwunde vortretende Callus- und Wurzelbildung des Stecklings oder des einzelnen Blattes durch Unterbrechung des aufsteigenden Saftstromes zu erklären?“ Dahin gehören auch noch einige andere für das Zurückführen des Saftes sprechende Erscheinungen. So z. B., daß durch Ringeln des Stengels der Kartoffelpflanze an ihrem Grunde das Ansetzen von Knollen verhindert wird, und daß überhaupt jede Beeinträchtigung der normalen Entwickelung der oberirdischen Theile die gleiche Rückwirkung auf Ausbildung fleischiger Wurzeln überhaupt zeigt. Besonders auffallend spricht endlich auch noch eine andere mehrfach von mir beobachtete Thatsache. Wird z. B. ein Baum am Grunde bis zum Mittel des Stammes im Winter durchhauen und die Wunde durch Anhäufung von Erde vor dem Vertrocknen geschützt, so bilden sich gemeiniglich bald im Frühling am Wundrande, zwischen Holz und Rinde hervortretend, junge Wurzeln, eine

Digitized by Google

Bildung, welche nur aus dem zurückgeführten Bildungssaft erklärt werden kann. Im hiesigen Garten steht eine ein Fuß dicke Scheinakazie (Robinia Pseudacacia), welche auf diese Weise an dem durchhauenen Stammtheile neue Wurzeln gebildet hat. Aehnlich beobachtete ich wiederholt an einer dicken Trauerweide, deren Stamm an der einen Seite faul war, aus dem obern gesunden Wundrand ziemlich dicke Wurzeln entspringen, welche durch das faule Holz herabstiegen, leider aber den Boden nie erreichten.

Mulder bekennt sich insofern zu Schleidens Ansicht, als auch er das Zurückfließen des Bildungssaftes durch die Rinde läugnet und mittelst der Endos- und Exosmose den rohen Nahrungssaft durch die gleichen Zellen aufwärts und abwärts steigen läßt!

Außer der aufwärts und abwärts steigenden Richtung des Nahrungssaftes kommt aber noch eine seitliche Richtung der Verbreitung des Bildungssaftes von der Rinde mittelst der Markstrahlen nach dem Marke vor, wodurch sich die Ablagerung von Stärkemehlkörnern im Marke erklärt. Auch der aufsteigende Saft kann sich seitlich verbreiten, wenn dem geraden Emporsteigen desselben ein Hinderniß in den Weg gelegt wird. So machte schon Hales die Beobachtung, daß ein Eichenzweig von $^7/_8$ Zoll Dicke und sechs Fuß Länge, an dem zwei Einkerbungen auf den entgegengesetzten Seiten gemacht wurden, welche, vier Zoll übereinanderstehend, jede bis durch das Zentrum des Astes hindurchgingen, so daß dadurch die unmittelbare Kommunikation der Holzbündel vollständig unterbrochen war, dennoch noch mit der in Wasser gestellten Schnittfläche Wasser aufnahm, emporführte und verdunstete. Der Vergleich mit einem unverletzten ähnlichen Zweige zeigte, daß der unverletzte Theil in vierundzwanzig Stunden fünfundzwanzig Unzen und der eingekerbte in gleicher Zeit dreizehn Unzen Wasser verdunstete, so daß wenn gleich die Aufnahme sehr geschwächt, dieselbe doch immer noch mittelst seitlicher Bewegung des Saftes stattfand. Aehnliche Einkerbungen an einem Kirschbaume in allen vier Richtungen in gewissen Entfernungen über einanderstehend wiederholt, gaben ähnliche Resultate.

Wenn durch diese und ähnliche Versuche die Möglichkeit der seitlichen Bewegung des rohen Saftes dargethan, so findet dieselbe bei normalen Wachsthumsverhältnissen jedoch kaum statt, ja es ist sogar erwiesen, daß der Strom des aufsteigenden Saftes sich am meisten in gerade aufsteigender Richtung bemerklich macht, wodurch die kräftigere Ausbildung der Terminalknospen auf Kosten der Axillarknospen bedingt wird. Die gerade aufsteigenden Zweige zeigen daher gemeiniglich eine vorherrschend üppige Entwickelung des Holzes und der krautartigen Theile und nehmen den seitlichen die Nahrung weg. Bekannt ist es, daß durch Niederbeugen solcher Aeste auf gleichmäßigere Vertheilung des aufsteigenden Saftes, gleichmäßigeres Wachsthum und in Folge dessen auch auf größere Fruchtbarkeit zurückgewirkt wird. Hierauf gründet sich die Vertheilung der Aeste bei unserem Spalierobst, so wie auch durch das Niederbeugen einzelner Aeste an jungen hochstämmigen Obstbäumen der Obstzüchter oft sehr gute Erfolge in Bezug auf gleichmäßigeres Wachsthum erzielt.

Digitized by Google

Endlich beruht hierauf auch die Erziehung der jetzt so beliebten buschig und breit gezogenen Exemplare von Zierpflanzen aller Art. Durch Auskneipen des Spitzentriebes wird hier in erster Linie auf Entwickelung der Achsenknospe hingewirkt, und durch Niederbeugen und Niederhaken der Seitentriebe wird das gleichmäßige Breitewachsthum von sonst gerade empor wachsenden, sich wenig verästelnden Pflanzen bedingt. Bekannt ist es, daß es eine große Menge von Pflanzen gibt, deren Aeste sich von selbst gegen den Boden zurückkrümmen. Es scheint diese Richtung dem aufsteigenden Saft kein Hinderniß in den Weg zu legen, wohl aber dem in die Rinde zurückgehenden, worauf einmal die viel dünnere, schlaffere Ausbildung hängender Zweige und die Neigung aller Pflanzen, aus ihren den Boden berührenden Aesten Wurzeln zu bilden, hindeutet.

Daß es endlich bei unseren ausdauernden Holzpflanzen vorzüglich die jüngern Holzschichten sind, welche die Säfte aufwärts führen, ist eine allgemein anerkannte Thatsache. Daher erklärt es sich, daß auch im Stamme der Monocotyledonen, trotz der durchaus verschiedenen Vertheilung der Holzbündel, jene Vorgänge der Saftbewegung, sowie die äußeren Erscheinungen sehr ähnlich sind, worauf wir bei der Ablagerung des jungen Holzes noch näher eintreten werden.

c. Die Elementarorgane, welche die Saftführung vermitteln.

Seitdem Magnol zu Anfang des vorigen Jahrhunderts abgeschnittene Zweige in gefärbte Flüssigkeiten setzte und dabei fand, daß diese besonders in den Gefäßen des Holzkörpers emporstiegen, galten bis auf Meyen, Treviranus und Link herab die Gefäße für die Organe, welche vorzugsweise die Bestimmung hätten, die Säfte emporzuführen. Da sie als dünne Röhren ohne Zwischenwandungen den Pflanzenkörper durchsetzen, so erschien diese Ansicht durchaus gerechtfertiget, und der Säftelauf der Pflanzen ward mit dem des Blutes der Thiere verglichen.

Als entschiedener Gegner trat Schleiden gegen diese Ansicht auf, indem er die Behauptung aufstellte, daß die Gefäße nicht zur Saftführung bestimmt seien, daß sie zu den verschiedensten Zeiten von ihm untersucht, Luft führten, und deßhalb zur Luftführung bestimmt seien.

Bei solch entgegengesetzten Ansichten ward die Frage der Saftführung der Gefäße in neuerer Zeit von Unger, Mohl, Brücke, Th. Bischhoff und anderen von Neuem gründlich geprüft, und trotz der auch jetzt noch verschiedenen Ansichten können wir doch das Folgende als in dieser Beziehung durchaus sicher mittheilen:

„Zum Emporführen des rohen Nahrungssaftes dienen das ganze Jahr hindurch vornehmlich die langgestreckten Zellen der jüngsten Holzschichten, und zum Zurückführen des Bildungssaftes die jüngsten derartigen Zellschichten des innern Rindenkörpers. Die Gefäße des Holzes, die älteren Holzschichten und das Mark verhalten sich dagegen je nach den verschiedenen Vegetationsperioden verschieden. Zur Zeit des Saftes, d. h. zu jener Zeit, wenn die ruhenden Knospen auszutreiben beginnen, also für unsere Bäume und Sträucher zur Frühlingszeit, da füllen sich auch die

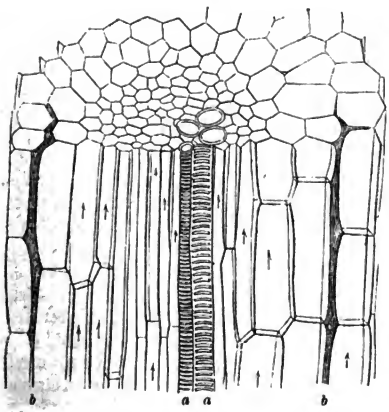
Digitized by Google

Gefäße, der alte Holzkörper und selbst das Mark mit Saft, und aus den Gefäßen fließt bei Verwundungen der meiste Saft aus. Ist die Saftperiode aber vorüber, dann füllen sich die Gefäße, die älteren Holzschichten und auch das Mark mit Luft. Wenn zu dieser Zeit abgeschnittene Pflanzentheile in Wasser gesetzt werden, dann tritt allerdings der Saft auch wieder in die Gefäße ein, es ist dieß aber ein so durchaus anormaler Zustand, daß hieraus keine Schlüsse auf unverletzte Pflanzen gezogen werden können.“

Wenn im Vorhergehenden die Resultate der verschiedenartigsten Forschungen enthalten sind, so ist damit nicht gesagt, daß es nicht Zustände geben könne, unter denen auch, nachdem die erste Triebperiode vorüber, die Gefäße ausnahmsweise noch Saft führen könnten. So hat z. B. Link, einer der eifrigsten Vertheidiger der Saftführung durch die Gefäße, Beobachtungen bekannt gemacht, nach welchen Pflanzen, welche eine Zeit lang mit einer Lösung von Cyaneisenkalium und später mit einer Lösung von schwefelsaurem Eisenoxyd begossen wurden, sich nicht nur in deren Holzzellen, sondern auch in ihren Gefäßen Berlinerblau niederschlug. Von andern, die diese Versuche wiederholten, ward jene Beobachtung bestätiget (Mohl und Röminger), während Hoffmann das entgegengesetzte Resultat erhielt. Es ist daher zweifelhaft, ob das Eindringen jener Lösungen in die Gefäße durch Verletzungen der Wurzeln oder durch andere anormale Verhältnisse bedingt ward.

Unger, der die oben erwähnten Versuche mit gefärbten Pflanzensäften machte, fand, daß wenn er bei der weißen Hyacynthe den Saft der Kermesbeere (Phytolacca) anwendete, die gefärbte Flüssigkeit in die Gefäße nicht übertrat. Fig. 57 ist der Durchschnitt aus dem untern Theil einer Blüthenhülle, nach Unger, die Pfeile deuten den Weg der gefärbten Flüssigkeit an. In die Spiralgefäße aa und in die Luftgänge bb war dieselbe nicht übergetreten. Als er aber später jenen Versuch mit dem Safte der Hollunderbeere wiederholte, da zeigte es sich, daß der rothgefärbte Saft auch in die Spiralgefäße und Luftgänge übergetreten war. Dieser schöne Versuch Ungers leistet den Beweis, daß überhaupt auch durch Störungen des normalen Zustandes, wie durch ungeeignete Nahrung, die

Fig. 57.



Digitized by Google

Pflanze veranlaßt werden kann, auch ihre sonst nur luftführenden Gefäße und Räume mit Saft zu füllen und erklärt die Beobachtungen Links.

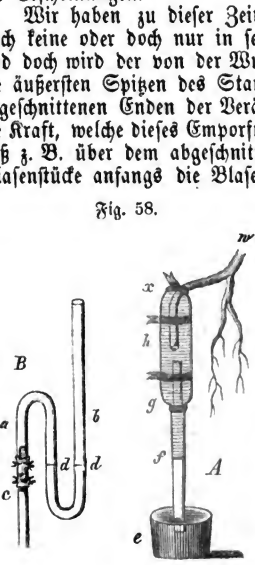
Um uns ein noch klareres Bild über den Gang der Saftströmung zu verschaffen, wird es nöthig sein, dieselbe nach den beiden verschiedenen Vegetationsperioden noch etwas näher zu betrachten.

d. Das Aufsteigen des Saftes zur Zeit des Austreibens der Knospen.

Es ist allgemein bekannt, daß zur Zeit, welche auf die Ruheperiode folgt, wenn die Knospen zu schwellen und wachsen beginnen, die größte Saftfülle im Pflanzenkörper vorhanden ist. Mittelst Anbohrens der Stämme mancher unserer Bäume, so der Birken, des Zuckerahorns und anderer, kann man zu dieser Zeit den süßen rohen Nahrungssaft in großer Menge ausfließen lassen. Aus dem Safte der Birke wird bekanntlich mittelst der Gährung ein geistiges mousstrendes Getränke bereitet, und den Saft des Zuckerrohres benutzt man in Nordamerika, seiner Heimat, zur Zuckerbereitung. Wie schwächend dieß aber auf den Trieb dieser Pflanzen zurückwirkt, wenn der Saftfluß später nicht durch Eintreiben von Pfröpfen verhindert wird, ist hinlänglich erwiesen. Das Thränen der erst spät geschnittenen Weinstöcke gehört in die gleiche Klasse der Erscheinungen.

Wir haben zu dieser Zeit, wo die Bäume noch blattlos stehen, noch keine oder doch nur in sehr geringem Grade verarbeitende Organe, und doch wird der von der Wurzel aufgenommene Saft nicht nur bis in die äußersten Spitzen des Stammes emporgehoben, so daß er zu den abgeschnittenen Enden der Verästelungen ausfließt, sondern es ist sogar die Kraft, welche dieses Emporführen des Saftes veranlaßt, so bedeutend, daß z. B. über dem abgeschnittenen Ende einer kräftigen Rebe befestigte Blasenstücke anfangs die Blase dicht mit Saft erfüllen und sie zuletzt auseinandersprengen. Schon Hales zeigte, daß als er auf einer sieben Zoll über der Erde abgeschnittenen Weinrebe senkrecht übereinander stehende Glasröhren befestigte, in diesen der ausgetretene Saft sich bis zu fünfundzwanzig Fuß Höhe erhob. Wird dieser Versuch in der Weise abgeändert, daß auf das abgeschnittene Ende einer Weinrebe eine Glasröhre von einer Form befestigt wird, wie diese Fig. 58 B zeigt, so wird der Saft der Rebe zunächst in den oberhalb der Befestigungsstelle c liegenden Theil der Glasröhre a treten. Wird, nachdem er hier etwas gestiegen, in den andern aufwärts stehenden Schenkel b der Glasröhre eine Quantität Queckfilber gefüllt, oder wird

Fig. 58.



Digitized by Google

was noch besser ist, in die Röhre, bevor sie befestiget wird, so viel Quecksilber gefüllt, daß dasselbe in dem auf- und absteigenden Schenkel auf gleichem Niveau steht und ungefähr bis d und d reicht, so kann man nach dem Steigen und Fallen desselben im Schenkel b den Druck berechnen, mit welchem der aus der abgeschnittenen Rebe austretende Saft herausgetrieben wird. Dieser Druck ist nun nach dem Verhältniß der Rebe, die hierzu verwendet wird, nach der Temperatur und endlich auch nach dem Vegetationszustand der Pflanze verschieden. Während warmer feuchter Tage stieg derselbe an einer eben am Ausbrechen der Knospen begriffenen Rebe bis zu 32½ Zoll Höhe, was dem Druck einer Wassersäule von 36½ Fuß gleich kommt. Auch Meyen hat diese Versuche wiederholt und indem er ähnliche Resultate erhielt, gefunden, daß bei feuchtwarmem Wetter der Druck am höchsten, da hier nur sehr wenig Wasser durch die Verdunstung entweicht. Diese sehr bedeutende Kraft, mit welcher der rohe Nahrungssaft im Holzkörper emporgehoben wird, kann zu dieser Zeit bei unseren laubwerfenden Bäumen noch nicht durch den Einfluß der Verdunstung und Verarbeitung der Knospen bedingt werden, sondern muß lediglich durch die Aufsaugungsfähigkeit der Wurzeln erklärt werden, um so mehr, als auch schon einseitige Erhöhung der Bodentemperatur einen höheren Druck des aufsteigenden Saftes bedingt. Daß bei feineren Pflanzen höhere Bodentemperatur und in Folge dessen mehr Aufnahme durch die Wurzeln als die Pflanze verarbeiten oder der oberirdische Theil überhaupt in sich aufnehmen kann, sogar den schnellen Tod herbeiführen kann, erwähnten wir schon früher. Sehr charakteristisch zeigen derartige Einflüsse ihre verderbliche Wirkung immer zunächst da, wo sich alle Wurzeln vereinigen, nämlich am Grunde des Stammes, der zuerst die braune Färbung des todten Holzes zeigt. Daß es ein Mangel des Vermögens der Verarbeitung der aufgenommenen Säftemasse ist, die diese Erscheinung veranlaßt, dürfte ziemlich klar daraus hervorgehen, daß sich die gleichen Symptome zeigen, wenn sehr trockene Pflanzen, deren Verdunstungsorgane gelitten haben, unter Verhältnissen, welche die Aufnahme befördern, auf einmal stark begossen werden. So z. B. Pflanzen, die von weiten Reisen anlangen. Solche Pflanzen müssen eben so allmälig wiederum an die Aufnahme und Saftzirkulation gewöhnt werden, als diese abnahm. Man bringt sie an schattige, je nach ihrem Vaterlande kühle oder warme Orte, verhindert durch leichtes Uebersprützen die weitere Verdunstung und wirkt durch ganz allmälige Befeuchtung des Ballens auf allmälig gesteigerte Aufnahme zurück. Starkes Begießen solcher Pflanzen, die von der Trockenheit schon gelitten, bewirkt gemeiniglich deren sichern Tod, ähnlich wie auch der Mensch, welcher dem Hungertode nahe ist, nur allmälig und zwar nur durch sehr leichte Nahrung gerettet werden kann.

Man hat früher versucht, die Aufnahme durch die Wurzel durch Haarröhrchenwirkung (Capillarität) der gestreckten Zellen und Gefäße zu erklären, allein hierdurch würde die Flüssigkeit kaum einige Zoll hoch in einer aufgesetzten Glasröhre emporgehoben werden können. Wir

Digitized by Google

müssen also den Grund dieser Erscheinung in dem Gesetze der Endosmose, mittelst der sich die Aufsaugung erklärt, suchen.

Nach Dutrochet's Versuchen hob eine mäßig konzentrirte Zuckerlösung im endosmatischen Apparat die Quecksilbersäule in zwei Tagen bis zur Höhe von 45 Zoll, also noch ungefähr um $12^1/_2$ Zoll höher als den höchsten bekannten Druck des aufsteigenden Saftes. Bedenken wir nun, daß zur Zeit der ersten warmen Tage des Frühlings die in reichlicher Menge im Pflanzenkörper deponirte Stärke und andere Reservenahrungsstoffe durch das mittelst der Endosmose aufgenommene Wasser verflüssiget und in Zucker umgebildet werden, so wie dieß die ausfließenden zuckerhaltigen Säfte beweisen, so gleicht die Pflanze zu jener Zeit allerdings einem sehr komplizirten endosmotischen Apparat, wo die aufgenommene Flüssigkeit zunächst in die Partieen des Gewebes übertritt oder in solche hineingedrängt wird, wo sich lösliche Substanzen finden und von da von Zelle zu Zelle, von gestreckter Zelle zu gestreckter Zelle steigt. Da nun zu jener Zeit die Knospen noch nicht verarbeiten und auch nur einen kleinen Theil des aufgenommenen Wassers verdunsten können, so wirkt dieser Druck gleichmäßig auf alle Theile des Gewebes, hebt den Saft bis in die äußersten Astspitzen empor, erfüllt alle sonst Luft führenden Theile der Pflanze, und fließt bei Verwundungen natürlich am heftigsten aus den nicht durch Querwände unterbrochenen Spiralröhren aus.

e. Das Aufsteigen des Saftes zur Zeit der Verarbeitung der Säfte durch die Blätter.

Der den ganzen Pflanzenkörper erfüllende, zu dieser Zeit mit Bildungsstoff reichlich versehene Saft tritt auch zu den Knospen und bedingt deren erste Entwickelung ganz allein, indem es die in der Pflanze vom vorangegangenen Arbeitsjahr deponirten Nahrungsstoffe sind, welche den Stoff zu dem so erstaunlich schnellen Triebe und Wachsthume im Frühlinge liefern, ein Wachsthum, das um so rascher und schneller, je länger die Ruheperiode andauerte. Daß dieses erste Wachsthum lediglich auf diese Weise zu erklären, dazu liefern eine Menge von Thatsachen den Beweis. So der schwächliche Trieb, wenn die Ruheperiode nicht lange genug andauerte oder das ganz einfache Experiment, daß abgeschnittene Zweige, welche im Januar oder Februar geschnitten und in lauwarmes Wasser in feuchtwarmer Temperatur gestellt werden, sehr bald ihre ersten Triebe entwickeln. Auf diese Weise kann man z. B. Zweige von Flieder (Syringa), Spiraeen, Schneeballen, welche mitten im Winter ins Wasser gestellt werden, sehr bald zur Blüthe bringen, sofern man dieselben nicht früher schneidet, als nachdem die Pflanze vollkommen zur Ruhe gekommen. Sobald sie jedoch die Blumen oder Blatttriebe bis auf einen gewissen Grad entwickelt, und die in ihnen enthaltenen Nahrungsstoffe erschöpft, verwelken die jungen Triebe und die Zweige sterben ab.

Digitized by Google

Mit dem Austreiben der Knospen und der Entwickelung der jungen Blätter beginnt für die Pflanze eine neue Epoche. Die gleichsam mit Gewalt in den Pflanzenkörper eingeschlossene Säftemasse findet einen Ableiter. Sie wird theils zur Bildung der jungen Triebe verwendet, theils durch die Blätter verdunstet und unterm Einfluß des Athmungsprozesses verarbeitet. Unter diesen Vorgängen verringert sich die Säftemasse so sehr, daß selbst zeitweise die Wurzeln nicht einmal im Stande sind, so viel aufzunehmen, als die Blätter verdunsten und verbrauchen. Der Athmungsprozeß füllt die Interzellulargänge und mittelst derselben auch höchst wahrscheinlich zunächst die Gefäße und dann auch die ältern dickwandigen Holz- und Bastzellen, so wie das ältere Mark mit Luft. Nur in den jüngsten Theilen, wo alle Lebensprozesse mit der größten Energie vor sich gehen, ist noch alles safterfüllt und saftführend. So die jungen Holz- und Rindenschichten, und da wo in diesen aus übereinander stehenden Zellreihen Gefäße entstehen, auch die Letzteren, da diese eigentlich nur der Richtung des Saftstromes ihre Entstehung verdanken.

Unter diesen Vorgängen hat sich das Verhältniß der Aufnahme und der Verbreitung des rohen Nahrungssaftes verändert, die Kraft, mit welcher die Endosmose die Säftemasse in den Pflanzenkörper hinein und empor treibt, kann nicht mehr zu ihrer vollen Entwickelung und zu jener Höhe wie im ersten Frühling steigen, wo noch keine Abgabe und Verwendung der Säftemasse stattfand. Nur durch unnatürliche Nahrung oder gestörte Funktionen der Blätter wird der Saft veranlaßt, auch in die Gefäße ꝛc. einzutreten und die stete Abgabe des überschüssigen Wassers durch die Verdunstung wirkt ähnlich wie ein Pumpwerk auf das Nachdringen und schnelleres Emporsteigen der Säfte und folglich auch auf die Aufnahme durch die Wurzel zurück. Wirklich ist jetzt der Pflanze aber auch eine andere die Aufnahme befördernde Kraft nothwendig geworden, denn die aufgespeicherten Nahrungsstoffe sind verwendet und die Endosmose könnte daher nicht mehr mit der gleichen Kraft wie im Frühling vor sich gehen und dennoch bedarf die Pflanze mehr als je der steten Aufnahme durch die Wurzel zur vollkommenen Ausbildung ihrer Organe und zur Bildung neuer Stoffe.

Um die Kraft zu messen, mit der zu dieser Zeit das Wasser durch die verdunstenden Organe im Pflanzenkörper emporgehoben wird, erdachte schon Hales eine sinnreiche Vorrichtung. Im August des trocknen Jahres 1723 grub er 2½ Fuß an der Wurzel eines Birnbaumes hinab, und entblößte eine Wurzel von ½ Zoll Dicke. Fig. 58 A versinnlicht diesen Versuch. w ist das obere Ende der Wurzel, welches mit dem Birnbaum noch in Verbindung gedacht werden muß. Bei h ist die Wurzel unten abgeschnitten und der Stumpf derselben in eine Glasröhre x g gesteckt. Bei x ist diese Glasröhre um die eingebrachte Wurzel herum luftdicht verkittet und unten ist eine andere dünnere Glasröhre g f gleichfalls luftdicht eingebracht. Zuletzt ward das unterste Ende der letzteren Röhre nach oben gekehrt, dasselbe ganz voll Wasser gefüllt, mit dem

Digitized by Google

Finger geschlossen und dann in ein Gefäß e gesteckt, das mit Quecksilber gefüllt war. Die Wurzel sog nun das Wasser mit solcher Schnelligkeit ein, daß binnen sechs Minuten das Quecksilber in der Röhre g f bis f acht Zoll hoch stieg.

Da die Wurzel in diesem Falle der die Einsaugung versehenden Spitze beraubt war, kann dieses Aufsaugen der Flüssigkeit nur zum kleinen Theil durch endosmotische Kraft erklärt werden, sondern muß großentheils auf dem mechanischen Nachsteigen des Wassers bis zu den Organen beruhen, wo es verdunstet wird. Es versteht sich, daß diese Verhältnisse eine bedeutende Veränderung erleiden, wenn man abgeschnittene Pflanzentheile oder abgeschnittene Bäume in Wasser stellt. Auch diese nehmen durch die Schnittfläche Wasser auf, welches bis zu den Blättern dringt, aber bei den allseitig gestörten Lebensverhältnissen vermögen unter Verhältnissen, welche die Verdunstung befördern, derartige Pflanzentheile nicht so viel aufzunehmen, als sie verdunsten, und namentlich die jungen Blätter vertrocknen schnell. Es spielt mithin die Aufsaugungsfähigkeit der jungen Wurzeln mit ihren Tausenden von aufsaugenden Spitzen auch in jener spätern Zeit der Verarbeitung eine wichtige Rolle in Bezug auf die Aufnahme, und die Verdunstung wirkt nur anregend auf ihre Thätigkeit zurück. Daß endlich bei abgeschnittenen Zweigen die Flüssigkeit auch in die Gefäße eintritt, beruht lediglich auf durchaus mechanischer Aufsaugungsfähigkeit (Haarröhrchenkraft), und die Steigerung dieses Prozesses wird durch die Verdunstung der Blätter bedingt. Daß hier eine durchaus mechanische Ursache der ersten Aufnahme des Wassers in die Gefäße zu Grunde liegen muß, beweist der Umstand, daß dieses Aufsteigen auch dann noch fortdauert, wenn durch vergiftete Flüssigkeit der untere Theil der Pflanze bereits getödtet ist. So stellte Mohl abgesägte junge Nadelhölzer und Laubbäume mit ihren Schnittflächen in eine Lösung von holzsaurem Eisen und sah diese Flüssigkeit auch dann noch im jungen Holzkörper emporsteigen, nachdem schon lange jeder Ueberrest von Leben in den aufsaugenden Zellen erstorben war. Auf gleiche Weise sättigt sich ja auch vollkommen todtes Holz mit Wasser und die in ihm enthaltene Luft wird nach und nach ausgetrieben.

f. Das Verhältniß, in welchem die Saftzirkulation zur Lebenskraft steht.

Schon wieder dieses mystische Wort, der materialisten Anschauungsweise ein Dorn im Auge und so leicht durch einige andere schöne Worte ersetzt! So sehr wir uns auch bemühten, in der vorhergehenden Auseinandersetzung desselben zu entbehren, indem wir alle die bei der Aufnahme vorkommenden Erscheinungen auf bestimmte Gesetze zurückzuführen versuchten, so können wir diesen Paragraphen dennoch nicht schließen, ohne uns selbst zu gestehen, daß noch lange nicht alle jene Vorgänge aus den Gesetzen der Endosmose und Verdunstung erklärt werden können.

Wohl erklärten uns die Endosmose die Aufnahme und den Druck

Digitized by Google

beim Aufsteigen, wohl die Verdunstung die Veränderung jener Vorgänge, die geringere Saftfülle, Füllung eines Theiles der Pflanze mit Luft ꝛc. Dagegen geben uns diese Gesetze gar keinen Aufschluß darüber, woher es kommt, daß der Saft das vorwaltende Streben zeigt, senkrecht emporzusteigen und durch einfache Veränderung der Richtung der betreffenden Pflanzentheile eine Veränderung der vorwaltenden Strömung hervorgebracht werden kann! — Sie erklären uns ferner nicht, warum später sich gerade die Gefäße, die doch zur Saftführung hauptsächlich geeignet scheinen, mit Luft füllen, ein Vorgang, der jedenfalls in innigster Beziehung zur Verarbeitung und Ablagerung der organischen Stoffe steht. Daß dieß eine von der Lebensthätigkeit der Pflanze durchaus abhängige Eigenheit ist, zeigt der Umstand, daß Störungen des Lebens, oder rein mechanische Aufsaugung durch Wunden, die Füllung dieser Gefäße mit Saft wiederum veranlassen.

Sollte es der Forschung nun auch gelingen, für diese beiden Vorgänge noch Erklärungen zu finden, so wird sie es doch ohne eine spezielle Lebenskraft zu Grunde zu legen, nie erklären können, wie es kommt, daß die bis in die Blätter emporgestiegene Säftemasse, nachdem sie hier verarbeitet ist, als Bildungssaft von der innern Rinde zurückgeführt wird! Warum nicht viel mehr die Rinde sich gleich allen andern Schichten des Stammes an der Aufführung betheiligt? — Schleiden ist hier bald fertig, indem er einfach eine genugsam erwiesene Thatsache läugnet.

Wir sehen also hier dieselbe Kraft, welche die Entstehung und Bildung der einzelnen Zellen und deren spezielle Lebensthätigkeit bedingt, auch noch die in der Pflanze thätigen physikalischen und chemischen Kräfte in der Weise beherrschen, daß sie denselben einen eigenthümlichen, auf mechanischem Wege nicht zu erklärenden Ausdruck verleiht, ein Ausdruck, der mit dem Tode des Individuums erlischt, wo der noch durchaus gleichartig gebaute abgestorbene Pflanzenkörper den allgemeinen Gesetzen anheimfällt und nur noch durch Haarröhrchenkraft das Wasser an sich zieht.

§ 23. Veränderung und Assimilation des aufgenommenen Nahrungssaftes.

So weitschichtig dieser Paragraph seinem Wesen nach ist, so kurz können wir uns dabei fassen, da all die verschiedenen Theorien über die Veränderungen, welche der rohe Nahrungssaft in der Pflanze erleidet, immer nur auf Hypothesen beruhen und deßhalb oft von durchaus entgegengesetzten Ansichten ausgehende Theorien die gleiche Berechtigung haben. Seitdem Liebig und Schleiden die Lebenskraft bei der Bildungsgeschichte der Pflanzenstoffe im Innern der Pflanze außer Kurs zu setzen suchten, seitdem geht das Streben der meisten Forscher dahin, den Pflanzenkörper als ein freilich etwas komplizirtes chemisches Laboratorium darzustellen, wo die einzelnen Retorten (Zellen), durch die Endosmose sämmtlich mit einander in Verbindung stehen. Stelle man nun den Fall, daß wirkich alle diese Gefäße einmal mit der gleichen Flüssigkeit gefüllt seien, so könne dieser

Digitized by Google

Zustand nicht lange andauern, indem durch Abdunstung und Stoffwechsel der nach außen gelegenen Zellen und durch Aufnahme neuer Stoffe durch die Wurzel bald ein Gegensatz in dem Dichtigkeitsgrad und andere Eigenschaften des Inhaltes der verschiedenen Zellen hervorgerufen werde. Auf diese Weise erklärt Mulder die Bildung der mannigfachen Pflanzenstoffe. Auch wir halten den Pflanzenkörper für ein derartiges Laboratorium, jedoch mit dem Unterschiede, daß wir überzeugt sind, es werde unter uns Menschen weder der Baumeister gefunden werden, der solches zusammensetzt, noch der Chemiker, der den Vorgängen im Innern der Pflanze auf eine alle Einzelnheiten erklärende Weise zu folgen im Stande wäre, oder den Grund davon nachzuweisen wüßte, woher es kommt, daß bei dem so auffallend übereinstimmenden Bau während der Ernährung der Pflanze es möglich wird, daß sich so verschiedenartige Stoffe in den verschiedenen Theilen der gleichen Pflanze oder je nach den verschiedenen Pflanzenarten ablagern.

Was wir mit Sicherheit über diese Vorgänge wissen, ist mit wenigen Worten gesagt. Der durch die Wurzeln aufgenommene, im Holzkörper emporsteigende rohe Nahrungssaft ist noch sehr wässerig, und enthält besonders zur Zeit der Saftperiode Zucker und Gummi, aber weder Stärkemehl noch andere organische Produkte der aufsteigenden Reihe. Dagegen finden sich in demselben auch noch verschiedene gar nicht assimilirte Verbindungen wie Kohlensäure und Ammoniaksalze. Der rohe Nahrungssaft gelangt nun in die peripherischen Theile der Pflanze und wird hier unter dem Einfluß des Verdunstungs- und Athmungsprozesses verändert. Daß diese Veränderung vorzüglich unterm Einflusse des Lichtes vor sich geht und ein Desoxydationsprozeß ist, unterliegt keinem Zweifel. Daher kommt es, daß die peripherischen Theile an sauerstoffarmen Verbindungen reich sind. So sind z. B. das Chlorophyll, Wachs, fette und ätherische Oele, Harze u. s. f., Verbindungen, in denen der Sauerstoff im Verhältniß zum Wasserstoff in geringerer Menge als im Wasser vorhanden sind. Man kann also hieraus schließen, daß diese Stoffe aus an Sauerstoff reicheren Verbindungen entstehen, indem während der Aufnahme von Kohlensäure Sauerstoff ausgeschieden wird.

Der von den Blättern verarbeitete Nahrungssaft erhält den Namen Bildungssaft oder Cambium. Derselbe ist reich an assimilirten Stoffen. Zur Zeit der Neubildungen liefert derselbe den Stoff zur neuen Holzbildung, später lagern sich aus demselben die Reservenahrungsstoffe ab, die dann beim Beginn des neuen Triebes wieder aufgelöst werden.

Der Umstand, daß in allen den Organen, wo Neubildungen mit einer gewissen Energie vorgehen, Proteinverbindungen (stickstoffhaltige) in größerer Menge vorkommen, wie in den jungen Blättern, Knospen, in den Wurzelspitzen, Samen ꝛc., erlaubt ferner den Schluß, daß es die Proteinverbindungen sind, welche durch Kontaktwirkung den ersten Anstoß zu all den mannigfachen Umbildungen geben, welche im Pflanzenkörper vor sich gehen. In welcher Weise dieß aber geschieht, darüber können wir nur Vermuthungen äußern. Wie sich die Ansichten der

Digitized by Google

Chemiker selbst bei den einfachsten Vorgängen in dieser Hinsicht diametral gegenüberstehen, das sahen wir schon bei der Ausscheidung vom Sauerstoff im Sonnenlichte, welche die verschiedenartigsten Deutungen erhalten hat.

Eben so unsicher ist es, auf welche Weise die aufgenommene Kohlensäure verwendet wird. Nach den einen wird sie zerlegt und ihr Sauerstoff ausgeschieden, und nach andern geht sie mit dem Wasserstoff des zerlegten Wassers Verbindungen ein und bedingt so zunächst die Bildung von Dextrin und Zucker. Die meiste Wahrscheinlichkeit hat wohl noch die Ansicht Liebigs für sich, welcher annimmt, daß sie sich durch Desoxydation in organische Säuren, und zwar zunächst in Kleesäure, Apfelsäure, Zitronensäure umbilde. Diese Säuren sollen sich dann durch Aufnahme von Wasserstoff in Zucker, Amylon ꝛc. umbilden. Auch Schultz, der die Pflanze ihre Nahrung nur in Form unorganischer Säuren, wie Quellsäure, Geinsäure ꝛc., so wie in Form von Humusextrakt, humussaurem Kalk und Ammoniak ꝛc. aufnehmen läßt, schließt sich insofern an diese Ansicht Liebigs an, als er für die unorganischen Säuren sogleich organische Säuren im Pflanzenkörper auftreten läßt, welche durch Desoxydation den von der Pflanze ausgeschiedenen Sauerstoff liefern sollen. Kohlensäure kommt nach ihm in dem Pflanzenkörper gar nicht vor und aus dem aufgenommenen Humusextrakt soll sich humusartig braun färbendes Gummi, und aus diesem Traubenzucker, Rohrzucker ꝛc. bilden.

Wenn so schon über die einfachsten Vorgänge nur Vermuthungen ausgesprochen werden können, so ist dieß natürlich in noch viel höherem Grade in Bezug auf die Bildung der vielen, den einzelnen Pflanzenarten eigenthümlichen Stoffe der Fall. Das Wahrscheinlichste ist, daß diese Vorgänge je nach den verschiedenen Pflanzenarten verschieden sind, worauf die früher erwähnte Eigenschaft hindeutet, daß bestimmte Pflanzen auch bestimmte Basen, wie Kali, Kalk ꝛc. zur Bindung der in ihnen enthaltenen Säuren bedürfen.

§ 24. Wachsthum durch Stamm, Wurzel und Blatt.

a. Wachsthum im Allgemeinen.

Das Wachsthum überhaupt geht in drei verschiedenen Richtungen vor sich, insofern dabei das Wachsthum durch Neubildung von Zellen, das Wachsthum durch Vergrößerung der schon gebildeten Zellen und endlich das Wachsthum durch Verdickung der Zellen unterschieden werden muß.

Die erste Art des Wachsthums ist die wichtigste, fällt aber weniger in die Augen als die zweite, denn überall da, wo rasches Wachsthum stattfindet, geht dieses durch Vergrößerung und Dehnung schon gebildeter Zellen hervor, während durch die erste Neubildung von Zellen das Volumen nur unbedeutend zunimmt. Um dieß durch ein Beispiel klarer zu machen, wollen wir nur darauf hindeuten, daß z. B. in der Knospe schon der größte Theil der Zellen der später aus derselben hervorgehenden Stengelglieder vorgebildet ist, und daß das schnelle Wachsthum

Digitized by Google

der jungen Zweige vorzüglich nur auf Vergrößerung der schon gebildeten Zellen beruht.

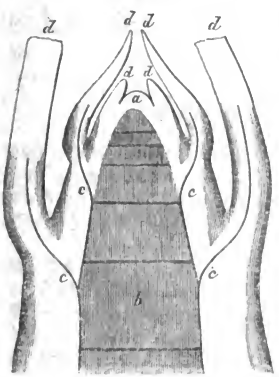
Die dritte Art des Wachsthums, nämlich die Verdickung der Membranen, bedingt keine weitere Zunahme des Umfanges. Sie beginnt erst, wenn die Zellen vollständig ausgewachsen sind, durch Anlagerung von Holzstoff von innen in der Weise, wie dieß auf Seite 57 geschildert ward. Es wird hierdurch das alte Holz immer fester und dauerhafter und kann dieß bis zu einem so hohen Grade fortschreiten, daß das innere Lumen der Zellen nach und nach fast ganz und gar ausgefüllt wird.

Wir werden daher im Folgenden nur die beiden ersten Arten des Wachsthums näher betrachten, da diese einzig die äußeren Erscheinungen bedingen. Wir können dabei wieder drei unter sich verschiedene Arten des Wachsthums besonders ins Auge fassen, nämlich 1. das Wachsthum an der Spitze der Achse und die damit Hand in Hand gehende, von den Achsentheilen durchaus verschiedene Hervorbildung der appendikulären Organe, 2. das Wachsthum des Stammes durch Anlagerung neuer Holzschichten und 3. die seitliche Verästelung des Achsengebildes.

b. Spitzenwachsthum oder der Sitz des Wachsthums.

Die Spitze des Achsengebildes, sei dieß nun die Spitze des Stengels oder die Spitze der seitlichen Achsengebilde (zu denen auch die Knospen zählen) oder die Spitze der Wurzel, ist immer der Punkt, wo das lebhafteste Wachsthum stattfindet und alle die Vorgänge zur Verlängerung der Achse meist schon lange zuvor eingeleitet wurden, bevor ein sichtbares Wachsthum stattfindet. Fig. 59, der Durchschnitt durch die wachsende Stammspitze einer Sarcostemma nach Nägeli, macht diese Vorgänge deutlicher. Bei a liegt hier die Spitze der Achse, der Vegetationspunkt, wo stets neue Zellen im Innern der schon gebildeten entstehen, wobei natürlich die älteren immer mehr auf die Seite geschoben werden. Noch lange bevor sich eine Rindenschicht ausgebildet hat erheben sich einzelne der seitlichen unmittelbar unter der Achsenspitze liegenden Zellen warzenförmig und bilden die ersten Anfänge zu den Blättern, von denen sechs bei d d d d d d durchschnitten sind. Die Markschicht b, welche das Zentrum des Achsengebildes einnimmt, geht in den Vegetationspunkt über und es finden sich weder in der obersten Spitze der Achse, noch in den unmittelbar unter derselben befindlichen Blattanfängen Holzbündel. Diese treten, die junge Markscheide bildend, erst etwas später auf und gehen dann auch in die

Fig. 59.



Digitized by Google

mehr nach unten stehenden Blätter bei c c c c über. Bei den Dicotyledonen, wo die Markscheide aus einem ringförmig geschlossenen Kreis von Gefäßbündeln (vergl. Seite 73) besteht, da bilden sich gleichzeitig da wo die Gefäßbündel in die Blätter abzweigen, die Knotengebilde des Stengels, bei den Monocotyledonen ist dieß jedoch häufig nicht der Fall.

Während auf diese Weise die Fortsetzung des Achsengebildes aus einer unmittelbaren Fortsetzung des zentralen Markkörpers entsteht, der etwas später von der Markscheide umgeben wird, so entsteht das Blatt auch in seinem ersten Anfange seitlich von der wachsenden Spitze und nimmt von der Markscheide sich abzweigende Gefäßbündel in sich auf. Da sich die ersten Anfänge der jungen Blätter schon hervorbilden, bevor sich eine Rindenschicht gebildet, so ist es unrichtig, das Blatt als eine Bildung der Rindenschicht zu bezeichnen, wenn gleich es nach der Natur seiner spätern Abzweigung diese Bezeichnung vollständig verdient. Ueber das fernere Wachsthum des Blattes ist das Nöthige schon Seite 47 gesagt worden. Die Verästelungen des Achsengebildes unterscheiden sich immer dadurch vom Blatt, daß sich die erste solche Verästelungen bedingende Zelle im Innern des Gewebes bildet und darum jeder aus einem Knotengebilde entspringende Ast in unmittelbarer Verbindung mit dem Markkörper des Stammes steht.

Aehnlich wie das oberirdische Achsengebilde verhält sich die Wurzel, welche auch nur an ihrer Spitze wächst. Wurzeläste brechen aus dem Innern des Gewebes hervor. Blätter und Knotengebilde fehlen jeder ächten Wurzel.

c. Wachsthum des Stammes durch Anlagerung neuer Holzschichten.

Außer dem im Vorhergehenden betrachteten Spitzenwachsthum in die Länge findet aber noch eine zweite Art des Wachsthums, das in die Breite, statt, woraus bei den ausdauernden Bäumen die konzentrische Anlagerung der Jahresringe (vergl. Fig. 45) hervorgeht. Auf der Grenze zwischen Holz und Rinde, in den innersten dickwandigen Zellen beider Schichten, entsteht ein junges zartes Zellgewebe, welches zur Zeit der Saftperiode und unmittelbar darauf am schnellsten wächst, um dann noch bis zum Herbst in immer mehr verringertem Grade fortzuwachsen. Hierdurch lagert sich rings um den Stamm eine neue Holzschicht, welche sich gleichsam zwischen Holz und Bast des Holzes vom letzten Jahre einschiebt und Rinde und Bast nach Außen drängt. Da die im Frühling zur Zeit des lebhaftesten Wachsthums gebildeten Zellen immer die größten sind, so bilden sich hierdurch jene Linien, welche auf dem Querschnitt des Stammes die Zahl der Jahresringe zu zählen erlaubt.

Es werden diese Vorgänge durch den von der Rinde zurückgeführten Bildungssaft vermittelt, welcher den Stoff zu jener kräftigen und schnellen Holzbildung liefert, wie sie bei uns vornehmlich im Vorsommer stattfindet, durch welche das ganze Achsengebilde der mehrjähri-

Digitized by Google

gen Holzgewächse bis hinab zu den Wurzelspitzen mit einer neuen Schicht Holzes umkleidet wird.

Es steht aber diese Holzbildung in unmittelbarer Beziehung zu den Blättern und Knospen, denn wird ein Baum seiner Knospen und Blätter, oder mit anderen Worten der den rohen Saft verarbeitenden Organe beraubt, so bildet sich keine neue Holzschicht aus. Dem Forstmann ist es sehr wohl bekannt, daß Zerstörung der jungen Triebe durch Insektenfraß oder Frost die Holzbildung für das laufende Jahr ganz oder theilweise unterdrücken kann.

Von der Ansicht ausgehend, daß die Knospe die einfache Pflanze und der Baum demgemäß ein Aggregat von Individuen sei, stellte schon Du Petit-Thouars, in Hinblick auf die eben erwähnten Erscheinungen die Hypothese auf, daß die Gefäße der jungen Holzschicht als die Wurzeln der Knospe zu betrachten seien, die von Knoten zu Knoten bis zur Wurzel herabstiegen. Da es die jüngsten Holzschichten sind, welche vorzugsweise den rohen Nahrungssaft emporführen, so ist dieses ein hübsches Bild, aber eben nicht mehr als ein Bild dieser Vorgänge, was nur insofern eine praktische Bedeutung erhält, als z. B. die Bewurzelung von Stecklingen Hand in Hand mit der Bildung der neuen Holzschicht geht. Eben dieses ist auch der Fall in Bezug anf die Bildung von Seitenwurzeln bei abgestutzten Wurzeln. Auch die Ueberwallung von seitlichen Wunden mit einem lockern Zellgewebe, unter dessen Schutze sich dann Holzschichten ausbilden, geht zur Zeit der Ablagerung der jungen Holzschichten am schnellsten und leichtesten von statten.

Auf diese Weise überziehen sich auch an älteren Bäumen, die ihre unteren Aeste verloren haben, späterhin die früheren Knotengebilde mit kontinuirlichen Holzschichten. Da denselben jedoch mit den unteren Aesten auch eine Masse ihrer verarbeitenden Organe genommen werden, so wird dadurch zugleich auch die Bildung der neuen Holzschichten beeinträchtiget und es werden solche Baume lange nicht den Stammdurchmesser erreichen, wie Bäume, die bis zu ihrem Grunde mit Aesten besetzt sind.

Ganz ähnlich wie der Stamm der Dicotyledonen verhält sich auch der der Monocotyledonen. Auch hier entsteht das neue Holz zwischen Holz und Rinde, nur nicht in geschlossenen konzentrischen Kreisen, sondern in mehr zerstreuten Gefäßbündeln. Es sind deßhalb die jüngsten Gefäßbündel auch hier immer die äußersten, wie dieß Fig. 46 a zeigt, wie überhaupt dort über den innern Bau der nähere Aufschluß gegeben ward. Nur in so fern zeigt der Monocotyledonenstamm eine Abweichung, als er sich viel seltener verästelt und deßhalb sich mehr gleich dick in Form einer schlanken Säule erhebt. Denn beim Dicotyledonenstamm liefert jedes mit Knospen oder Blättern besetzte Knotengebilde dem ganzen unterhalb liegenden Stamme eine Zufuhr zur Holzbildung, und deßhalb nimmt derselbe von seinem Grunde an, von Knoten zu Knoten, an Dicke ab. Beim unverästelten Monocotyledonenstamm ist dieß nicht der Fall, denn hier überzieht von der Blattkrone aus die junge Holz-

Digitized by Google

bildung den Stamm ziemlich gleichmäßig bis kurz oberhalb seines Grundes. Hier zweigt sich gemeiniglich ein Theil seiner Gefäßbündel in oberhalb der Erde austretende Wurzeln ab, welche z. B. bei kräftig wachsenden Palmenstämmen, den Stämmen von Pandanen und anderen mehr, mit der Zunahme des Stammes an Dicke immer höher oben in regelmäßigen Kreisen, anfangs als Luftwurzeln austreten, um sich später in den Boden einzusenken. Unterhalb dieser oberirdisch austretenden Kreise von Wurzeln nimmt der Monocotyledonenstamm von Kreis zu Kreis an Dicke ab, bis er sich zuletzt ganz in Wurzeln auflöst. Auch dieses Austreten oberirdischer Wurzeln geht gleichzeitig mit der neuen Holzbildung vor sich, und ist das sicherste Zeichen kräftiger Gesundheit derartiger in unseren Treibhäusern vegetirender Pflanzen.

Als Beispiel von stark verästelten, mit ausgebildeten Knoten versehenen monocotyledonischen Stämmen können wir die baumartigen Gräser nennen.

Der Farrenstamm verhält sich in seiner ersten Bildung ähnlich dem Stamme der Dicotyledonen. Knotengebilde kommen nur an den kriechenden Rhizomen dieser Pflanzen vor, an den eigentlichen Stämmen sind sie uns unbekannt. Man nimmt gemeiniglich an, daß der Farrenstamm nur an der Spitze wachse und durchaus keine seitliche Ablagerung späterer Holzschichten besitze. Es ist jedoch sehr wahrscheinlich, daß die kahlen wurzellosen Farrenstämme auch später noch durch neue Holzablagerungen an Dicke zunehmen, so z. B. Cyathea aurea. Ein anderes Verhältniß dürften in dieser Beziehung diejenigen Farrenstämme zeigen, die wie die von Alsophila sich außenherum ganz mit Wurzeln bekleiden. Es wachsen diese Letzteren ganz ähnlich wie unsere einheimischen Farren, und alle jene der Tropen, welche nur einen kurzen Wurzelstock, wie z. B. Aspidium Filix mas und andere besitzen. Jedem abgehenden Wedel (blattartigem Ast) entsprechen auch am Grunde desselben abgehende Wurzeln, in welche die wachsende Spitze ihren Holzstoff hinabsendet. Während nun bei unseren Farren jene Wurzeln unmittelbar in die Erde abgehen, so verlaufen sie bei den baumartigen Farren der Tropen, welche gleiche Verhältnisse zeigen, begünstigt durch die stete Feuchtigkeit der Luft, dem Stamm nach sich vielfältig verästelnd herab, bis sie zuletzt in die Erde gelangen. Die dünnen gegliederten Stengel der Selaginellen entsenden dem analog aus jeder Verästelung eine oder einige starke Luftwurzeln (s. Fig. 55) bis in den Erdboden, durch welche der Bildungssaft seinen Ableiter findet, und ähnlich verhalten sich auch überhaupt alle Pflanzen mit ausdauernden oder kriechenden Stengeln, welche aus jedem Gliede Wurzeln in die Erde entsenden und deßhalb gar nicht oder doch nur unbeträchtlich durch neue Holzschichten an Dicke des Stengels zunehmen, wie z. B. Vaccinium Oxycoccos, Linnaea borealis. Da wo derartige Bewurzelung unregelmäßiger und sparsamer, mehr nur zufällig auftritt, wie bei vielen unserer dem Boden nach kriechenden Alpensträucher, wie bei Azalea procumbens, den niederliegenden Alpenweiden und anderen ähnlichen, da findet auch noch Verdickung durch seitliches

Digitized by Google

Anlegen von neuen Jahresringen, wenn gleich nie in dem Grade, wie bei aufwärts wachſenden Sträuchern ſtatt, deren Aeſte keine Bewurzelung zeigen.

Man ſieht aus dieſen Beiſpielen, daß Duhamels bildliche Darſtellung der Ablagerungen der ſeitlichen Holzſchichten ſo übel nicht gewählt, wenn wir von dem abſtrahiren, was er nach den Anſichten jener Zeit über die Gefäße ſagt.

Nach unſerer Anſicht tritt dieſes Bild ſogar mit voller Berechtigung des Lebens in den Rahmen, wenn wir es in der Weiſe deuten, daß Wurzelbildung und Anlagerung neuer Holzſchichten in durchaus den gleichen Vorgängen ihren Urſprung haben, und daß unter veränderten Umſtänden die eine an die Stelle der andern treten kann. Falſch dagegen iſt es, wenn nur in den Knoſpen die Urſache der Holz- oder Wurzelbildung geſucht wird. Dieſe iſt überhaupt in jedem, den rohen Nahrungsſaft verarbeitenden Organe gegeben und es kann daher auch jedes einzelne Blatt, durchaus ohne Knoſpengebilde Wurzeln bilden, wenn es in ſich noch Nahrungsſtoffe genug enthält, aus deren Verarbeitung und Zurückführung die Wurzelbildung entſteht. So iſt z. B. die Bewurzelung, und war die lebhafte Bewurzelung von immergrünen Blättern, jedem, der ſich mit der Vermehrung von Pflanzen durch Stecklinge beſchäftiget hat, eine bekannte Erſcheinung.

d. Seitliche Veräſtelung des Achſengebildes.

Jedes Achſenorgan beſitzt die Fähigkeit der Veräſtelung. An den oberirdiſchen Stengelgebilden, da treten bei allen Dicotyledonen und auch bei vielen Monocotyledonen und Gefäßcryptogamen an der Stelle, wo die Blätter abgehen, die Knotengebilde auf, welche wir als die Stellen kennen lernten, wo die Gefäßbündel ſich nicht unmittelbar fortſetzen, ſondern theils ſich nach Außen abzweigen, theils in unregelmäßiger Geſtalt auftreten und die Gefäße ſelbſt die roſenkranzförmige Geſtalt (vergl. Seite 60) annehmen. Jeder dieſer Knoten iſt gleichſam ein neuer Lebenspunkt der oberirdiſchen und unterirdiſchen Stengelorgane. Hier iſt es, wo ſich in der Achſel der Blätter die Knoſpen zu den zukünftigen Veräſtelungen vorbilden, das Blatt aber iſt es, durch welches der Saftſtrom ſeitlich abgelenkt und angezogen, die Knoſpenbildung, aus dem Innern des Gewebes des Stengels hervorgehend, veranlaßt.

Ebenſo tritt auch an allen oberirdiſchen und unterirdiſchen Stengelgebilden die zufällige, regelmäßig oder künſtlich veranlaßte Wurzelbildung gemeiniglich dicht unter einem Knotengebilde ab. Wie aber in der Pflanzenwelt faſt keine Regel ohne Ausnahme, ſo auch dieſe, denn es gibt z. B. Blüthenſtiele, welche wie beim ſchwarzen Nachtſchatten regelmäßig aus dem Zwiſchenknotenſtück entſpringen und noch weit häufiger treten auch Wurzeln nicht bloß unterhalb des Knotens, ſondern auch an jeder beliebigen Stelle des Zwiſchenknotenſtückes aus. Die Veräſtelungen der ächten Wurzeln, denen Knotengebilde gänzlich fehlen, ſind

Digitized by Google

stets mehr zufällig, und stehen nur insofern in einer gewissen Harmonie mit den oberirdischen Theilen, insofern als stark verästelte Stammgebilde gemeiniglich auch stark verästelte Wurzeln und hinwiederum Pflanzen mit einfach emporsteigenden Stämmen oder langen einfachen schlingenden Stengeln, auch wenig verästelte lange Wurzeln besitzen.

Außer diesem gewöhnlichen regelmäßigen Verlauf der Verästelung der Achse kann jedoch auch noch eine zufällige auftreten, nämlich diejenige durch Bildung von zufälligen Knospen und Wurzeln oder Adventivknospen und Wurzeln. Die Adventivknospen unterscheiden sich dadurch wesentlich von den gewöhnlichen Knospen, daß sie nicht nur an jeder beliebigen Stelle des Stengels oder der ächten Wurzel, sondern selbst auch an Blattorganen unter bestimmten Bedingungen auftreten können. Es geht dabei eine beliebige Zelle der äußeren Parenchymschichten die Weiterbildung zur Knospe ein, die sich auch noch dadurch in ihrer spätern Vegetation als entwickelter Achsentheil von normal entwickelten unterscheidet, daß sie sich nicht immer mit dem Markkörper der Hauptachse in Verbindung setzen kann.

Die Entwickelung solcher Adventivknospen wird künstlich veranlaßt, wenn man Achsengebilde aller ihrer normalen Knospen beraubt, wie z. B. durch das Zurückschneiden ins alte Holz von Bäumen aller Art. Ferner durch dem Baum nicht natürliche Vertheilung der Aeste. So bilden z. B. unsere Obstbäume, bei denen wir durch den Schnitt auf möglich gleichmäßige Vertheilung der Aeste nach allen Seiten zurückwirken, so häufig jene in ihrer Weiterentwickelung als Räuber oder Wasserschosse bekannten, gerade aufstrebenden Adventivknospen, welche durch ihre mehr natürliche Richtung dem Baum die Hauptmasse des Saftes entziehen und deßhalb von jedem guten Obstzüchter sorgsam wieder entfernt werden. Auch Wurzelstücke, wenn sie zu fernerer Vegetation veranlaßt werden, entwickeln sehr häufig Adventivknospen.

Endlich gibt es noch bestimmte Pflanzen, deren Haupt- und Nebenachsen durchaus verschiedenes Wachsthum zeigen. Bei den niederen Pflanzen ist dieser Fall häufig, bei den höheren kommt er z. B. bei den Nadelhölzern häufig vor, deren Hauptachse sich quirlförmig, deren Nebenachsen sich zweizeilig verästeln. Wird der Spitzentrieb der Hauptachse einer solchen Pflanze weggenommen, so entwickeln sich aus dem Stamme Adventivknospen, die zu neuen Hauptachsen werden. Aus den Nebenachsen solcher Bäume haben wir jedoch noch nie Adventivknospen mit quirliger Verästelung hervorgehen sehen. Dennoch wird dieses vielfach behauptet aber nirgends bewiesen.

Ganz besonders verdient noch darauf aufmerksam gemacht zu werden, daß überall da, wo derartige Adventivknospen an solchen Theilen der Pflanze auftreten, wo sie sich als Theil des Ganzen nicht weiter entwickeln können, oder mit anderen Worten, wo zugleich mit ihrer Weiterentwickelung eine den Theil, auf dem sie entstanden, umgebende Holzablagerung nicht stattfinden kann, diese Knospen entweder an ihrem Grunde sogleich

Digitized by Google

Wurzeln entwickeln, oder sich zur Zwiebelknospe umbilden. Das erstere ist z. B. bei allen zufällig an Blattorganen oder blattartigen Aesten entstehenden Knospengebilden der Fall, und ebenso kommt es sehr häufig vor, wenn die einjährigen, sonst unverästelt bleibenden Stengel unserer Stauden künstlich zur Entwickelung von Achselknospen veranlaßt werden, so bei den rothen Lobelien, den Phlox und mehreren anderen. Das andere kommt bei den in Blüthenständen entstehenden Knospen häufig vor, wie z. B. bei den Allium-Arten, bei manchen Gräsern ꝛc., oder auch an einjährigen, sonst einfachen oder im Absterben begriffenen verästelten Stengeln, so bei den Lilien, den zurückziehenden knolligen Begonien, Achimenen und vielen anderen.

e. Anwendung auf die Praxis.

Die zahlreichen aus den in diesem und den beiden vorhergehenden Paragraphen resultirenden Regeln für die Praxis, beziehen sich theils auf die künstliche Vermehrung durch Stecklinge und Ableger, theils auf den Schnitt an Krone und Wurzel. Wir haben zwar schon bei der Besprechung der Saftbewegung und Holzbildung auf das, was sich die Praxis hieraus für Regeln zu ziehen hat, hingedeutet, und wollen nur noch einiges des Allgemeinsten nachholen, — die spezielleren Verhältnisse werden wir erst im folgenden Bande zu besprechen Gelegenheit finden. — Die künstliche Vermehrung durch Stecklinge beruht auf der Fähigkeit der abgeschnittenen Pflanzentheile mittelst der in der Rinde zurückgeführten Säftemasse, sich zu bewurzeln. Diese künstlich veranlaßte Bewurzelung steht stets in direkter Beziehung zur Fähigkeit der betreffenden Pflanzentheile, verarbeitete Säfte zurückzuführen. Diese Fähigkeit besitzen nun einestheils solche Zweige in hohem Grade, welche abgelagerte Nahrungsstoffe in größerer Menge enthalten, durch deren Umbildung die Bewurzelung schnell und kräftig gleichzeitig mit dem ausbrechenden Triebe bewerkstelliget wird. Hierauf beruhet die Anzucht von Bäumen und Sträuchern in Baumschulen aus den blattlosen im Winter geschnittenen Aesten, welche man als Vermehrung durch Steckholz in den Baumschulen sehr häufig anwendet. Dem praktischen Gärtner ist es bekannt, daß sich hierzu kräftige junge Triebe am besten eignen, denen man die dünnen Spitzen wegschneidet und darauf sieht, daß jeder drei bis sechs kräftige Blattaugen besitzt. Schwächliches an Nahrungsstoffen weniger reiches Holz eignet sich viel weniger dazu, am unzweckmäßigsten sind aber Aeste mit Blüthenknospen. Denn während die ausbrechenden Blattknospen den verarbeiteten Saft zurücksenden, ziehet die Blüthe nur Nahrungssaft an sich zur Ausbildung ihrer Theile, beeinträchtiget dadurch die Holz- und Wurzelbildung, ja verhindert sie bei allen den sich schwieriger bewurzelnden Pflanzen gänzlich, wie dieß jedem in der Stecklingszucht erfahrnen Gärtner hinlänglich bekannt ist.

Sicherer noch, aber auf den gleichen Regeln beruhend, ist die Vermehrung durch Ableger. Man beugt zu diesem Zwecke die Zweige an den Boden nieder und indem man nur deren Spitzen hervorsehen läßt,

Digitized by Google

deckt man sie überall da, wo sie den Boden berühren, mit Erde. Die Zweige vieler Pflanzen bewurzeln sich auf diese Weise schon ohne jedes andere Mittel, da durch die veränderte Richtung ihrer Zweige dem absteigenden Saft ein Hinderniß in den Weg gelegt wird. Bei anderen, wo dieß nicht der Fall ist, legt man durch ringförmiges Abnehmen der Rinde, durch Einkerben bis zur Mitte des Zweiges dem absteigenden Safte ein mechanisches Hinderniß in den Weg, wodurch die Bewurzelung erfolgt. Man kann zwar diese Operation des Ablegens zu allen Jahreszeiten vornehmen, die Bewurzelung wird aber nur zur Zeit der Holzbildung erfolgen.

Zu der Vermehrung der immergrünen Pflanzen verwendet man entweder analog dem Steckholz junge Zweige unmittelbar vor oder zu Anfang eines neuen Triebes oder kräftig wachsende junge Zweige überhaupt an. Bei den ersteren, da bildet sich die Wurzel aus deponirten Nahrungsstoffen, bei den anderen bewirken die schon im verarbeiteten Zustande vorhandenen Säfte schnelle Vernarbung der Schnittfläche und die Bewurzelung geht großentheils aus neu aufgenommenen, von den in voller Vegetation befindlichen Blättern verarbeiteten Säften vor sich.

Die Methoden zur Konservirung des Stecklings bis zur Wurzelbildung, und die Mittel, welche zur Beförderung zur Wurzelbildung angewendet werden, werden wir in ihrer Allgemeinheit bei der Fortpflanzung durch Knospen kennen lernen. Dagegen resultirt noch aus dem, was über das Austreten der Wurzeln aus Aesten gesagt ward, daß der Steckling immer unmittelbar unterhalb eines Knotengebildes abgeschnitten werden muß und daß am gleichen Orte bei abgelegten Zweigen die Einkerbungen ꝛc. gemacht werden sollten.

Nicht minder wichtig für den praktischen Gartenbau sind die zahlreichen Regeln, welche aus der Saftbewegung sowie aus der gegenseitig von einander abhängenden Holz- und Wurzelbildung und dem hieraus resultirenden Abhängigkeitsverhältniß zwischen verarbeitenden und ernährenden Organen in Bezug auf das Beschneiden, Zurückstutzen und Verpflanzen der Gewächse entspringen.

Das Beschneiden der Pflanze hat eine vierfache Bedeutung für die Praxis. Entweder sucht man durch dasselbe auf die Form oder auf die Blumen- und Fruchtbildung, oder auf Verjüngung, oder endlich auf das richtige Verhältniß zwischen Wurzel- und Stammbildung zurückzuwirken.

Für alle diese verschiedenen Zwecke gilt in Bezug auf Ausführung des Schnittes, namentlich wenn er an älteren Pflanzentheilen ausgeführt wird, die Regel, daß bei Ausführung einmal auf schleunigste Heilung der Wunde Bedacht genommen wird, und ferner durch die Verwundung für die Pflanze kein direkter Nachtheil oder Verlust an Nahrungsstoffen entstehe.

Schnelle Heilung der Wunden wird vornehmlich dadurch bedingt, daß es dem absteigenden Safte möglich gemacht wird, die Wunde von den Rändern aus mit jungem Zellgewebe zu überkleiden. Man schneide

Digitized by Google

daher jeden Ast glatt an dem Stamme weg und ebne die Schnittfläche noch mit einem scharfen Instrument, dann werden nicht allzugroße Wunden schon im ersten Jahre während der Holzbildung sich von Neuem mit Zellgewebe überkleiden und dem Baum keinerlei Schaden veranlassen. Werden aber, wie dieß nur zu häufig geschieht, kurze Stumpen stehen gelassen, so können sich diese nicht eher überkleiden, bis der Baum so sehr an Dicke zugenommen hat, daß auch sie überwachsen können. Vorher trocknen dieselben aber ab, und da jeder Ast mit dem Herzen des Baumes in Verbindung steht, pflanzt sich namentlich bei stärkeren Aesten ihr Absterben noch weiter ins Innere fort, und so entstehen jene schädlichen und unheilbaren Wunden, die Kernfäule und Brand erzeugen und immer nur Folge unzweckmäßiger Behandlung sind. Da wo Aeste stark gestutzt werden, muß man aus dem gleichen Grunde darauf achten, daß unmittelbar unterhalb des Schnittes ein kräftiger junger Zweig oder wenigstens ein kräftiges Auge steht, welche den aufsteigenden Saft an sich ziehend, die Vernarbung bewirken.

Wenn so einerseits durch Ausführung und glatt Schneiden des Schnittes sehr viel für dessen Heilung gethan werden kann, hat man andererseits durch Auflegen von Baumsalben oder am einfachsten und besten durch Bestreichen mit Theer, die Wunde vor dem Eintrocknen oder Fäulniß der obern Zellschichten zu schützen, bis sie aufs Neue von Holz überkleidet ist, weil sonst größere Wunden dennoch unheilbar werden könnten. Endlich ist es sehr wichtig, daß bei Bäumen und Sträuchern, welche zur Frühjahrszeit durch Saftfülle sich auszeichnen, der Schnitt zu einer Zeit gemacht wird, daß durch Vernarben oder richtiger Absterben der obersten Zellschichten bis zur Zeit des Saftes, der Saftfluß verhindert wird. Man nehme deßhalb den Schnitt des Weinstockes, der sich in dieser Hinsicht besonders auszeichnet, überhaupt aber aller Bäume im Spätherbst, Winter oder doch, wo es klimatische Verhältnisse verlangen, sehr zeitig im Frühling vor, damit nicht die betreffenden Pflanzen durch den sehr bedeutenden Saftverlust für das ganze Jahr geschwächt werden.

Wenn dieß für die Ausführung jedes Schnittes ganz allgemein gültige Regeln sind, so erfordert der Schnitt für spezielle Zwecke ein viel tieferes Studium des Wachsthums der verschiedenartigen Pflanzen. Wer aber gewohnt ist, seine Arbeiten im Garten nicht wie eine Maschine, sondern denkend und beobachtend auszuführen, der wird auch hier jede sich ihm entgegenstellende Schwierigkeit leicht überwinden.

Unter den vier Gesichtspunkten, welche wir nannten, nach denen der Schnitt ausgeführt wird, so war der erste die Form. Hier beruht alles auf der Wahrnehmung, daß die Spitzenknospen sich stets am kräftigsten entwickeln und bei ihrer Entwickelung den seitlichen Knospen die Nahrung entziehen. Nimmt man die Spitzenknospen weg, so werden sich die seitlichen Augen entwickeln. Hierauf beruht das wiederholte Auskneipen der wachsenden Spitzen, um den Topfgewächsen jene beliebte buschige Form zu geben. Soll nun aber durch Schnitt eine besondere

Digitized by Google

Form des Baumes bezweckt werden, dann erreicht man dieses einmal dadurch, daß der Pflanze schon von Jugend auf die Aeste in den einen Richtungen weggenommen, in den andern stehen gelassen werden, daß man ferner da wo man Aeste nach einer bestimmten Richtung zu erziehen wünscht, die Zweige bis auf ein kräftiges Auge, welches diese Richtung zeigt, zurückschneidet. Auch der anscheinend komplizirteste Schnitt läuft in letzter Linie immer auf Entwickelung bestimmter Beiaugen, Ausbrechen und Wegschneiden hinaus. Beachtet muß dabei noch ganz besonders werden, daß je tiefer man auf kräftige Augen zurückschneiden kann, je kräftiger die Entwickelung sein wird, weßhalb man oft da, wo man mehr Holz zu haben wünscht, stärker zu schneiden gezwungen ist. Beim Schnitt der Obstbäume zu Spalieren, Pyramiden ꝛc. werden wir hierauf näher eintreten.

Der Schnitt zur Beförderung der Blüthen- und Fruchtbildung, ist je nach den verschiedenen Pflanzenarten, ja selbst nach den Wachsthumsverhältnissen der einzelnen Individuen sehr verschieden. Allgemein gültig ist in dieser Beziehung die Regel, daß stark ins Holz wachsende Bäume weniger Blüthen bringen und daß umgekehrt schwächlich wachsende Pflanzen oft so reichlich blühen, daß die Holzbildung unterdrückt und die Pflanzen dauernd geschwächt werden. Hier das richtige Verhältniß herzustellen ist die Aufgabe des Schnittes und der Kultur und wir haben schon früher in dieser Beziehung einzelne Verhaltungsmaßregeln gegeben. Auch des Zauberringes erwähnten wir schon und sahen, wie derselbe das Zurückführen des Bildungssaftes unterbricht. Hierdurch wird jedoch nicht bloß der Bildungssaft in dem obern Theil des Astes zurückgehalten und da zu Holz, Blüthen und vollkommener Fruchtbildung verwendet, sondern es wird auch das üppige Wachsthum des Zweiges gemildert, denn es kann weniger roher Nahrungssaft nachsteigen, weil die normale Vertheilung des Saftes verhindert wird. In Folge dessen tritt verminderte Laubbildung und vermehrte Blüthenbildung ein; es wirkt also der Ringelschnitt gleichzeitig durch Zurückhaltung verarbeiteter Stoffe und Verminderung des aufsteigenden Saftstromes. Das erstere bedingt vollkommene Ausbildung der Früchte, das letztere vermehrte Blüthenbildung. Wo man jedoch durch Abstoßen von Wurzeln, durch Niederbeugen von Zweigen, durch weniger starkes Beschneiden ꝛc. das gleiche erreichen kann, sollte man nie den Zauberring anwenden, der immer eine Schwächung der betreffenden Pflanzentheile zur Folge hat.

Ins Speziellere hier einzugehen, müßte uns zu weit führen, wir begnügen uns daher noch anzudeuten, daß bei unfruchtbaren Bäumen durch mehr wagerechte Vertheilung der Aeste, sei es durch Schnitt oder Anhängen von Gewichten, durch Versetzen in immer magerern Boden ꝛc., auf Fruchtbarkeit zurückgewirkt wird, während bei zu großer Fruchtbarkeit, durch Zurückschneiden auf kräftige Holzaugen, theilweises Wegnehmen des Fruchtholzes ꝛc. zu helfen gesucht wird. Sehr zu beachten ist jedoch, daß sich z. B. bei unseren Obstbäumen die Blüthenaugen an ganz andern Theilen des Baumes, als die Holzaugen finden. Während sich

Digitized by Google

die Holzaugen immer an den am üppigsten wachsenden Aesten befinden, stehen die Fruchtaugen an den kleineren seitlichen Aesten, welche man Fruchtspieße oder Fruchtholz nennt. Sehr kräftig wachsende junge Bäume entwickeln solches Fruchtholz gemeiniglich erst, wenn sich ihr Wachsthum mäßiget. Ein richtiger Schnitt setzt daher genaue Kenntniß dieses Fruchtholzes und dessen sorgfältige Schonung bei Bäumen, die wenig tragen und dessen Entfernung bei solchen, die zu viel tragen, voraus. — Zur Verjüngung eines alten Baumes gibt uns die Beobachtung der Natur das Mittel in den sogenannten Wasserschossen an die Hand. Es ist z. B. bekannt, daß je älter der Obstbaum wird, je kleiner und unansehnlicher werden seine Früchte, je schwächlicher das Wachsthum des Holzes. Der auf die Fruchtbarkeit und die unter Einwirkung von Licht vorgehende schönere Ausbildung der Früchte berechnete Schnitt der hochstämmigen Obstbäume strebt dahin, die Krone nach allen Seiten gleichmäßig zu verbreiten, nimmt dem Baum alles innerhalb der Krone hervorkommende junge Holz und entfernt mithin die verarbeitenden Organe immer weiter von den Wurzeln. Es tritt dadurch nach und nach schwächlichere Aufnahme und Verarbeitung ein, die kräftige Ablagerung neuer Holzringe und das Wachsthum der Wurzel vermindern sich im gleichen Grade und der Baum ist nicht mehr im Stande, kräftige Triebe und gute Früchte auszubilden. Diesem Mißverhältniß kann bei sonst noch gesunden Bäumen dadurch abgeholfen werden, daß die Aeste auf junge Triebe im alten Holze zurückgestutzt werden, die näher der Wurzel eine erneute kräftige Holzbildung, die sich über den ganzen Stamm bis in die Wurzeln hinab erstreckt, sowie neue Wurzelbildungen veranlassen. Der Baum kräftigt sich auf diese Weise von Neuem, und zeigt wieder ähnliche Wachsthumsverhältnisse wie früher, weßhalb man diese Operation durch Verjüngen bezeichnet. Es versteht sich, daß man bei Vornahme dieser Operation die Aeste immer oberhalb jungen kräftigen Holzes zurückschneiden muß. Wo solches fehlt, muß man im Jahr zuvor durch theilweises Zurückschneiden auf Bildung der erwähnten Wasserschosse zurückwirken, welche durch zufällige Entwicklung von Adventivknospen entstehen. Wer auf die Entwickelung letzterer rechnend, ohne alle sichtbaren Knospen ins alte Holz zurückschneidet, wird stets schlechte Erfolge von dieser Operation haben. Der aller seiner verarbeitenden Organe gleichzeitig beraubte Baum wird zwar wohl Adventivknospen austreiben, allein bevor dieses geschieht, tritt ein so durchaus gestörtes Verhältniß zwischen Aufnahme und Verarbeitung ein, daß der Baum gemeiniglich dauernd erkrankt und geschwächt wird, oder wie man auch wohl zu sagen pflegt, im Safte erstickt. Eben dieß ist auch der Fall, wenn ein alter Baum umgepfropft und dabei unvorsichtig aller seiner jungen Zweige beraubt wird.

Endlich soll der Schnitt auch noch auf das richtige Verhältniß zwischen Wurzel und Zweigbildung zurückwirken. Wie dieses bei Verjüngungen geschehen muß, deuteten wir so eben an. In Waldungen und Baumschulen wird gegen die gleichen Grundsätze unendlich häufig

Digitized by Google

durch das verderbliche Aufästen, d. h. das frühzeitige Wegnehmen der unteren Aeste gesündiget. Der Baum wird dadurch eben so vieler verarbeitender Organe beraubt, wächst weniger kräftig und bildet namentlich wenig Holz. Nicht minder muß aber auch das richtige Verhältniß zwischen Stamm und Wurzel beim Verpflanzen der Bäume und Sträucher beobachtet werden. Wie häufig sieht man nicht zum Verpflanzen bestimmte junge Fruchtbäume aller ihrer jüngsten Zweige und kräftigen Knospen beraubt, bis in das alte Holz der Krone zurückgeschnitten. Ein derartig mißhandelter Baum, der wird mindestens mehrere Jahre stehen, bis er ein einigermaßen freudiges Gedeihen zeigt, wenn er überhaupt anwächst. Wohl wird durch die verletzten Wurzeln noch roher Nahrungssaft zur Frühlingszeit emporsteigen, aber es fehlen die verarbeitenden Organe. Es müssen daher jedem Baume, wenn gleich seine Wurzeln sehr gering, dennoch beim Versetzen wenigstens einige junge Zweige mit kräftigen Augen gelassen werden, wenn das Gelingen der ganzen Operation nicht dem Zufall anheim gestellt werden soll.

Die Beobachtung jener Nachtheile zu starken Zurückschneidens hat jedoch in neuester Zeit vielfach den entgegengesetzten, von der Theorie aus falschem Gesichtspunkt vertheidigten Fehler veranlaßt, indem die durch nichts begründete Behauptung aufgestellt ward, man dürfe versetzte Holzpflanzen in ihren oberirdischen Theilen gar nicht beschneiden. Man ging dabei von der Ansicht aus, es seien die Knospen und Blätter die verarbeitenden Organe und fügte diesem richtigen Vorsatz den falschen Nachsatz hinzu, daß demgemäß jede versetzte Pflanze um so leichter und kräftiger wachsen müßte, je mehr man ihr Knospen stehen ließ. Das würde mit andern Worten heißen, je kräftiger die Verdauungsfähigkeit, je freudiger müsse das Wachsthum sein, wenn schon die zugewiesene Nahrung in keiner Hinsicht den Bedürfnissen genüge. Wo es möglich, einen Baum oder Strauch des freien Landes zu verpflanzen, ohne eine seiner Wurzeln zu schädigen, da wird jene Annahme sich rechtfertigen. Aber dieß ist nur selten der Fall. Meist wird der Baum beim Ausnehmen gerade der die Aufnahme vermittelnden zarten Wurzelspitzen großentheils beraubt und verliert auch außerdem einen Theil seiner stärkeren Wurzeln. Er vermag also, des größten Theils der aufsaugenden Organe beraubt, nicht so viel Nahrung aufzunehmen, als die vielen ihm gelassenen Knospen verarbeiten können. Die Folge davon ist eine schwächliche Entwicklung der vielen Triebe und sehr schwaches oder gänzliches Aufhören der Zurückführung von Bildungssaft und also auch der Ablagerung von Holz. Indem sich dieses bis in die Wurzeln fortpflanzt, wird auch die Bildung neuer aufsaugender Organe verhindert, welche einzig das kräftige Fortwachsen bedingen, und die versetzte Pflanze siecht und stirbt theilweise oder gänzlich ab. So verhalten sich in der That gar nicht zurückgeschnittene und doch in den Wurzeln beschädigte Pflanzen.

Wird dagegen beim Verpflanzen die Krone ins richtige Verhältniß zur Wurzelbildung gesetzt und auf kräftige junge Zweige und Augen

Digitized by Google

im Verhältniß zum Wurzelvermögen zurückgeschnitten, so können diese wenigen der Pflanze gelassenen Organe auch kräftig ernährt werden, sie werden ihre Funktionen der Verarbeitung normal verrichten und Holzstoff wird von ihnen aus bis zu den Wurzeln, deren Verarbeitung und Veräſtelung bedingend, herabsteigen, — kurz, die Pflanze wird anwachsen und freudig weiter gedeihen.

Auch bei Verebnung von öffentlichen Plätzen und von Gartenanlagen, wo einzelne schöne Bäume stehen, die doch erhalten werden sollen, da kommt es häufig vor, daß ein Theil ihrer Wurzeln stark beschädiget oder gar ganz abgehauen werden muß. Auch hier muß durch verständiges Einstutzen der Krone nachgeholfen werden, sofern der Baum erhalten werden soll. So steht z. B. auf einem der schönsten Plätze Zürichs eine herrliche Linde. Bei Verebnung des Platzes kam sie um einige Fuß höher zu stehen und trotzdem man einen erhöhten Platz um dieselbe einrichtete, mußte sie viele ihrer besten Wurzeln verlieren. Es drohete in Folge dessen dieser schöne Baum einzugehen; — durch Zurückstutzen der Aeste konnte er aber erhalten werden. Es ist dieses nur ein bei uns allgemein bekanntes Beispiel, dem Gärtner kommen aber in seiner Praxis Hunderte ähnlicher vor.

Das Beschneiden der Wurzeln beim Verpflanzen sollte im Allgemeinen nur da angewendet werden, wo Beschädigung oder Vertrocknung der Wurzeln dieß verlangt. In Baumschulen aber muß es sehr häufig und wiederholt angewendet werden, um auf Bildung von zahlreichen Saugewurzeln von solchen Pflanzen hinzuwirken, die sonst lange unveräſtelte Pfahlwurzeln bilden, damit sie bei ihrem spätern Verpflanzen auch sicher anwachsen. Besonders wichtig ist dieses namentlich bei solchen Pflanzen, die, wie die Nadelhölzer, beim Versetzen nicht in der Krone beschnitten werden dürfen.

Auch wo Wurzeln vor dem Einpflanzen antrockneten oder austrockneten, ist das Nachschneiden derselben ins frische Holz durchaus nothwendig, denn da die Aufnahme vornehmlich nur durch die geöffneten Wunden bei ihrer Saugewurzeln großentheils beraubten Pflanzen vor sich geht, muß durch frischen Schnitt dem rohen Nahrungssaft der Weg geöffnet werden. Wie sehr dieß in der Natur begründet ist, das zeigt eine Erfahrung, die der bekannte Pomolog Oberdieck kürzlich mittheilte. Stark angetrocknete Obstbäume im Frühling gepflanzt, trieben nicht aus. Um Johanni wurden sie herausgenommen, deren Wurzeln nachgeschnitten, wieder eingepflanzt und eingeschlemmt, und siehe da, ihre noch ruhenden Augen entwickelten sich bald.

Digitized by Google

Dritter Abschnitt.

Die Lebenserscheinungen des Pflanzenorganismus in Beziehung auf Periodizität, Ablagerung von Stoffen, Wärme und Lichtentwickelung, Bewegungserscheinungen und Mißbildungen der Pflanzen.

§ 25. Die Perioden des Wachsthums und der Ruhe.

a. Allgemeines.

Schon in den vorhergehenden Kapiteln haben wir wiederholt Veranlassung gehabt, auf die nach den Jahreszeiten verschiedenen Vegetationszustände der Pflanze hinzuweisen. Wenn das weiße Gewand des Winters unseres nördlichen Klimas die Erde deckt, wenn die Bäume entweder entlaubt dastehen oder die Aeste der immergrünen Tannen von der Wucht des Schnees zu Boden gedrückt werden, da sind die Gegensätze zu dem bald darauf mit dem Eintreten des Frühlings beginnenden neuen Leben so groß, daß nur die zwei Fragen aufgeworfen werden können, ob 1. die Ruhe zur Winterszeit für das Leben der Pflanze nothwendig, oder ob sie bei uns nur durch den Mangel an Wärme eingeleitet wird? und ob 2. diese Ruhe eine vollständige, d. h. durch gänzliches Aufhören aller Funktionen bedingt sei?

Wir können die erstere dieser Fragen dahin beantworten, daß uns keine Pflanze bekannt ist, welche selbst unter ziemlich gleichartigen äußeren Einflüssen stets gleiche Wachsthumserscheinungen zeigt. Nach unserer Ueberzeugung haben alle Pflanzen, — mögen sie nun aus dem hohen Norden stammen, wo sie zu drei Viertheilen des Jahres unter einer hohen Schneedecke begraben liegen, — oder mögen sie in jenen glücklichen Gebirgsländern zwischen den Wendekreisen zu Hause sein, wo eine ziemlich gleichmäßige, zur dortigen Winterszeit nur wenige Grade niedrigere Temperatur als zur Sommerszeit herrscht, — eine kürzere oder längere Ruheperiode nothwendig. Wie lang diese Ruhezeit dauert, dieß hängt allerdings wesentlich ab von den klimatischen Verhältnissen der Länder, aus denen die betreffenden Pflanzen stammen, aber trotzdem ist es eine mit den Lebensverhältnissen so innig verwachsene Eigenschaft, daß sie durch veränderte äußere Einflüsse nur unwesentliche Abänderungen erleidet.

Die zweite Frage kann dahin beantwortet werden, daß bei der ruhenden Pflanze alle und jede Lebensthätigkeit nur dann aufhört, wenn dieß durch äußere Einflüsse bedingt wird, wie z. B. bei sehr hohen Kältegraden.

b. Die täglichen Wachsthumsperioden.

Die verschiedenen Perioden des Wachsthums lassen sich einmal in die täglichen und ferner in die jährlichen abscheiden. In ersterer Be-

Digitized by Google

ziehung haben Beobachtungen nachgewiesen, daß im Allgemeinen das stärkste Wachsthum in den Vormittagsstunden zwischen acht bis zehn Uhr Morgens stattfindet, daß darauf zwischen zwei bis vier Uhr Nachmittags eine zweite Beschleunigung des Wachsthums eintritt und daß während der Nacht die Pflanze am wenigsten wächst, sondern nur durch Einnahme von Nahrung ihre Gewebsmassen wieder mit Säften erfüllt, um diese dann bei Tage zu verwenden und zu verarbeiten.

Es ist dieses Folge des Mangels an Verdunstung, des verschiedenen Athmungsprozesses, sowie endlich der kühleren und feuchteren Temperatur während der Nachtzeit in allen Klimaten. Die Pflanze bedarf aber wirklich auch der Ruhe (d. h. der weniger energischen Verrichtung aller Lebensfunktionen) während der Nachtzeit, wenn sie ein normales kräftiges Gedeihen zeigen soll. Es ist daher jetzt ein für die Gärtnerei ziemlich allgemein gültiger Grundsatz, während der Nacht in den Treibhäusern niedrigere Temperaturgrade als bei Tage zu unterhalten. Wo dieß versäumt wird und die Pflanzen durch unnatürlich hohe Nachttemperaturen zu mehr gleichmäßigem Wachsthume angeregt werden, übt dieses einen sehr nachtheiligen Einfluß auf alle Wachsthumsverhältnisse aus.

c. Die jährlichen Wachsthumsperioden der Pflanzen unserer Zone.

Die jährlichen Wachsthumsperioden sind je nach dem Vaterland und der speziellen Natur der Pflanzen sehr verschieden. Für die Mehrzahl der Pflanzen unseres gemäßigten Klimas können wir vier Wachsthumsperioden unterscheiden, nämlich:

1. Die Periode der Entwickelung des ersten Triebes.

Es fällt diese mit der Saftperiode unserer ausdauernden Pflanzen und mit der ersten Entwickelung der jungen Keimpflanze zusammen. Die rasche Entwickelung und Neubildung geht noch auf Kosten abgelagerter Stoffe vor sich. Im Allgemeinen dauert diese Periode, welche stets mit der Umbildung der deponirten Stoffe beginnt, nicht lange. Bei einer großen Zahl von Pflanzen fällt sie auch mit der Entwickelung der Blumen zusammen und hierher gehören z. B. alle unsere im ersten Frühling blühenden Gewächse.

Wir haben früher schon gezeigt, daß die Blumen sowohl zu ihrer Entwickelung, so wie zur Fortbildung der Frucht nur vorgebildete Stoffe konsumiren und keine verarbeiten. Die Blüthen- und Fruchtbildung entzieht daher der Pflanze stets eine Masse der wichtigsten Nahrungsstoffe und wirkt somit stets schwächend auf Kraut- und Holzbildung zurück. Damit steht z. B. das gebräuchliche Verfahren im innigsten Zusammenhange, Gewächshauspflanzen, die zu recht üppigen großen Schaupflanzen erzogen werden sollen, in den ersten Jahren stets alle Blumen auszuschneiden und dadurch auf üppigere und vermehrte Holzbildung zurückzuwirken. Wie groß die Masse der Nahrungsstoffe ist, die auf diese Weise der Pflanze entzogen werden, das machen ferner unsere Frucht-

Digitized by Google

bäume sehr anschaulich. Das üppige schnelle Wachsthum junger Bäume wird sogleich gemildert, sobald sich Blüthen und Früchte an denselben zu bilden beginnen, ja viele derselben werden durch die Fruchtbarkeit eines Jahres so erschöpft, daß sie ein folgendes Jahr wieder auf Wachsthum und Stoffablagerung verwenden müssen, um so erst im je zweiten oder dritten Jahre von Neuem Blüthen und Früchte auszubilden. Wie örtlich sogar derartige Erscheinungen an der gleichen Pflanze auftreten können, dazu liefert ein Roßkastanienbaum (Aesculus Hippocastanum) bei Gries, vier Stunden von Straßburg, den Beleg, der die Eigenthümlichkeit besitzt, jährlich nur auf einer Seite zu blühen. Wenn er z. B. das eine Jahr auf der westlichen Seite blühete, so entwickelt er regelmäßig im folgenden Jahre auf der östlichen Seite die Blumen, und in dieser Weise blühet dieser merkwürdige Baum schon seit einer Reihe von Jahren.

Wenn im Frühling die ersten wärmeren Tage kommen, da beginnt in unseren Bäumen der Saft in vermehrter Menge emporzusteigen. Der Grad der Wärme wird dann in bestimmter Reihenfolge das Ausbrechen der Triebe je nach den verschiedenen Pflanzenarten bedingen. Einzelne aus fremden Ländern in unsere Gärten eingeführte ausdauernde Holzpflanzen bedürfen dazu schon ziemlich andauernder Wärme und stehen, wie z. B. die Catalpa syringæfolia, noch lange blattlos, wenn schon alle andern Pflanzen Blätter und selbst Blumen getrieben haben. Den geringsten Grad der Wärme zur Anregung neuen Lebens nach langem Winterschlafe bedürfen jene ausdauernden Pflanzen, die aus dem hohen Norden oder aus der Höhe unserer Alpen oder aus unseren Waldungen, Triften und Wiesen, sich in unsern Gärten einbürgerten. Kaum ist der Schnee weg, so entwickeln sie schon Blumen und Blätter, so der Crocus, die Soldanellen, die Dentarien, die Aurikeln, Primeln, Gedenkemein, Anemonen, Bellis, Vergißmeinnicht, Schneeglöckchen und viele andere, welche schon unter schützender Schneedecke in nicht gefrornem Boden zu neuer Vegetation sich vorbereitet haben. — Endlich kann aber auch das Ausbrechen der Knospen unter durchaus gleichen Verhältnissen und bei gleichen Pflanzenarten durchaus individuell sein, indem das eine Exemplar regelmäßig sich um mehrere Tage, ja selbst wochenlang früher belaubt als andere der gleichen Art. Dieser Fall kommt z. B. bei Linden und Ulmen nicht selten vor und erbt sich auch bei der Fortpflanzung durch Knospen auf die Nachkommen fort. Bei unseren verschiedenen Varietäten der im Garten kultivirten Fruchtgattungen und Zierpflanzen werden sehr häufig früher und später blühende und reifende Abarten unterschieden, so beim Weinstock, dem Mais, den Kirschen, Aepfeln, Birnen und vielen anderen.

2. Periode des Wachsthums aus von den Wurzeln direkt aufgenommenen Stoffen.

Sobald die während der Ruhezeit abgelagerten oder die im Samen deponirten Stoffe verbraucht, beginnt die Zeit, wo die Pflanze nur durch direkt mittelst der Wurzeln und Blätter aufgenommener Stoffe

Digitized by Google

wächst. Es ist dieses die Periode des ferneren Wachsthums, der Erstarkung und Verästelung der jungen Triebe. Geschlossen wird diese Periode sehr oft durch Entwickelung von Blumen. Dieses Verhältniß findet sich bei allen den Pflanzen, deren Blumen nicht schon in der Knospe (sei es in besonderen Knospen oder zugleich mit Blatt- und Stengelgebilden angelegt) vorgebildet waren, sondern sich erst während des ferneren Wachsthums entwickeln. Hierher gehören die einjährigen Pflanzen, so wie alle die im Sommer und Herbst im freien Lande blühenden Pflanzen. Es ist dieses der Zeitpunkt, wo die Pflanze der meisten Nahrung bedarf. So ist es bekannt, daß man den im Keimen begriffenen Samen zarterer Pflanzen nur vorsichtig Wasser geben darf, bis die jungen Pflänzchen Blätter und Wurzeln gebildet, d. h. bis sie ihre Nahrung nicht mehr aus den Samen, sondern aus der Erde ziehen. Stammfäule ist stete Folge der Unvorsichtigkeit in dieser Beziehung. Ebenso müssen alle zarteren Gewächshauspflanzen zur Zeit des Ausbrechens des jungen Triebes sehr vorsichtig begossen werden, bis sie gleichzeitig mit dem jungen Trieb junge kräftige Wurzeln zur Aufnahme gebildet haben. In besonders hohem Grade ist dieß aber bei solchen Pflanzen der Fall, welche kurz vor dem Ausbrechen des jungen Triebes versetzt und ihrer Wurzeln beraubt wurden. Wiederholtes unvorsichtiges Begießen tödtet zu dieser Zeit die jungen Wurzeln, denen mehr Nahrung zugeführt wird, als die noch von der aufgespeicherten Nahrung lebenden Pflanzen bedürfen.

Ist nun aber die Zeit der ersten Entwickelung vorbei, haben die Pflanzen zahlreiche neue Organe zur Aufnahme und Verarbeitung gebildet, dann ist auch der Zeitpunkt gekommen, wo es Aufgabe der Kultur ist, der Pflanze viel und kräftige Nahrung zuzuführen. Jetzt wirkt eine Nachdüngung mit Guano, Knochenmehl, Chilisalpeter ꝛc. bei den jungen Körnerfrüchten am besten und nachhaltigsten; in dieser Zeit ist es, wo freier (d. h. nicht zu dichter) Standort und kräftige Nahrung, werde diese nun durch Boden- oder Dunggüsse gereicht, am meisten auf die ganze künftige Entwickelung der Gemüsepflanzen influirt, wie wir dieß schon Seite 169 zeigten. Das gleiche gilt auch von allen Pflanzen überhaupt, natürlich modifizirt nach deren speziellen Eigenschaften.

Bei allen Pflanzen, welche in dieser Periode des Wachsthums durch direkt aufgenommene Nahrung auch ihre Blumen bilden, muß man noch zwischen der Periode der Blattbildung und der der Blumenbildung unterscheiden.

Wie bei den Bäumen die ersten Jahre der Entwickelung stets nur Blatt- und Holzbildung besitzen, und in den späteren Jahren erst die Blüthenbildung, das Wachsthum einschränkend hinzutritt, — wie bei diesen Pflanzen ferner die einen Individuen sehr frühzeitig fruchtbar werden können und dadurch ihre Holzbildung beeinträchtiget wird, das sahen wir schon früher. Bei den einjährigen und zweijährigen Pflanzen, da drängen sich die Perioden der Blatt- und Blüthenbildung nun aber

Digitized by Google

auf viel kürzeren Zeitraum zusammen. Die einjährige Pflanze muß noch im gleichen Jahre ihres Entstehens aus dem Keime sowohl die Periode der ersten Entwickelung, die der Blatt- und Stengel-, sowie der Blumen- und Samenbildung durchmachen, sie kann nicht die Thätigkeit mehrerer Jahre erst auf Holzbildung konzentriren, um später erst im gleichen Jahre Blätter, Blumen und Früchte zu entwickeln. Die zweijährigen Pflanzen besitzen dagegen schon ein Vorbereitungsjahr, d. h. ein zur Krautbildung bestimmtes Jahr, um dann im folgenden Jahre erst die Blumen zu entwickeln.

Es sind dieses für die Kultur dieser Pflanzen sehr zu beachtende Entwickelungsgänge, denn wird es versäumt, der jungen Pflanze zur Zeit der Blatt- und Stengelbildung gehörig Nahrung zuzuführen und so für deren erste kräftige Entwickelung zu sorgen, so überspringt sie gleichsam die Periode der Bildung der verarbeitenden, eine kräftige Blüthen- und Fruchtbildung vorbereitenden Organe und geht gleich zur Bildung der Blumen über. So sehen wir unsere zweijährigen Kohlarten in Folge kümmerlichen Standortes, anstatt die Blätter, wegen deren wir sie bauen, zu bilden, gleich in Blüthen aufschießen, — so ist es bekannt, daß auch alle einjährigen Pflanzen in Folge kümmerlichen Standortes viel früher Blüthen zeigen und sich dann nie mehr zu jenen kräftigen, üppigen, blumenreichen Pflanzen ausbilden können, wie wenn ihre erste Entwickelung richtig geleitet wird.

Blumenbildung ist immer der letzte Zweck des Daseins jeder Pflanze, die Bildung derselben kann nur durch derartige Verhältnisse verfrüht werden, es kann aber auch andrerseits die Lebensdauer einer ein- oder zweijährigen Pflanze künstlich verlängert werden, wenn man derselben die in der Entwickelung begriffenen Blumen immer auskneipt, ein Experiment, welches an Sommerlevkoien und Reseda, um sie zum Winterflor zu bestimmen, so häufig gemacht wird. Daß es endlich die während der Blattbildung vorgebildeten Stoffe sind, aus denen die einjährige Pflanze die Kraft zu vollkommener Blüthe schöpft, geht daraus ziemlich klar hervor, daß man z. B. Kopfsalatpflanzen, die bei heißem Wetter in Blumen aufzuschießen drohen, daran verhindern kann, wenn man ihren Schaft halb durchschneidet, so daß die vorgebildeten Säfte zum Theil durch die Wunde ausfließen und die Blüthenbildung so lange retardirt wird, bis diese Wunde geheilt ist.

3. Periode der Fruchtreife sowie der Vorbildung von Knospen.

In unserem Klima hört im August die Bildung neuer Zweige und Wurzeln, sowie jedes äußere Wachsthum unserer Bäume und Sträucher des freien Landes auf; nur einzelne aus andern Ländern eingeführte Bäume und Sträucher zeigen noch bis zum Spätherbst hin Wachsthum, ja selbst zuweilen dann erst Blumen, wie Hibiscus syriacus und andere; sie befinden sich also noch in der Wachsthumsperiode. Während dieser Periode verarbeiten die Blätter noch, wenn gleich in geringerem Grade, ihr Athmungsprozeß wird mit dem vorrückenden Alter immer einseitiger,

Digitized by Google

bis zuletzt die Aufnahme von Kohlensäure ganz aufhört und unter der fortwährenden Oxydation der in ihnen enthaltenen Stoffe tritt die Verwelkung ein. Auch der Verdunstungsprozeß wird immer schwächer, die Pflanzen brauchen immer weniger Nahrung und bereiten sich allmälig zum Winterschlafe vor, dessen Beginnen durch die Laubriese bezeichnet wird. Im Innern des Pflanzenkörpers ist diese Periode, wo das äußere Leben immer mehr erstirbt, eine Zeit der lebhaftesten Thätigkeit. Die verarbeiteten Stoffe werden theils in die Früchte geführt, zur Ausbildung dieser wie der Samen verwendet, und in letzteren kräftige Nahrungsstoffe deponirt. Das junge zarte Zellgewebe der jüngsten Theile erstarkt noch durch Anlagerung von Holzstoff an ihren Membranen, ein Vorgang, den man durch Holzreife bezeichnet. Der größte Theil der zu diesen Bildungen nicht in Anspruch genommenen Säfte setzt sich aber zu Reservenahrungsstoffen, wie namentlich Amylon um, was sich in Mark- und Holzzellen ablagert, die später theilweise mit Luft erfüllt werden. Auch das allmälig absterbende Laub ist noch in dieser letzten Periode seines Daseins für die Pflanze von höchster Wichtigkeit, indem es theils die in ihm vorbereiteten Stoffe an die Pflanzen vor seinem Fall noch abgibt, theils durch seinen Fall die Ausbildung der Knospen fürs nächste Jahr begünstigt. Wenn das junge Blatt den Saftstrom mit gewisser Gewalt anzieht, so wird diese Anziehung in Folge der mit dem Alter immer geringer werdenden Verdunstung ebenfalls nach und nach geringer. Die Wege, welche der Saftstrom in das Blatt nahm, obliteriren theilweise, und so bilden sich wohl in den Achseln der Blätter die ersten Anlagen der Knospen zur Zeit, wenn die Saftbewegung zum Blatt noch in voller Kraft stattfand, und wenn der Saftzufluß zum Blatt allmälig aufhört, dann wendet sich derselbe dem jungen Knospengebilde zu, und auch die aus den Blättern zurückgeführten Säfte ernähren dasselbe und bewirken dessen vollständige Ausbildung bis zum Spätherbst.

Aus dieser Schilderung des innern und äußern Lebens zu dieser Periode geht zur Genüge hervor, daß jetzt die Pflanze allmälig immer weniger Nahrung bedarf, da eine immer mehr und mehr verminderte Abgabe von Stoffen dabei stattfindet. Dagegen beschleuniget Wärme und Trockenheit, erstere durch Potenzirung des innern Lebens, letztere durch Verminderung der neu zugeführten Säfte, diese Vorgänge. Wärme mit Feuchtigkeit gepaart, verlängert dagegen häufig die Wachsthumsperiode, was stets auf Kosten der so nothwendigen Holzreife geschieht. Ein warmer und trockener Herbst ist darum stets von so segensreichen Folgen für gehörige Ausbildung des Holzes. In besonders hohem Grade ist dieses bei allen den Holzgewächsen der Fall, denen unser Sommer eigentlich zu kurz, wie bei dem Weinstock und so vielen ausländischen Gehölzarten, deren gute Ueberdauerung unseres Winters ganz besonders von der Holzreife des Jahrestriebes abhängig ist.

Es kommt nun hier aber zugleich noch ein anderer, für jede Kultur höchst wichtiger Punkt in Betracht, nämlich die Natur der vorgebildeten Knospen, ob dieses Laub- oder Blüthenknospen sind. Bei der Mehrzahl

Digitized by Google

unserer Holzgewächse bilden sich die Blüthenknospen ebenfalls schon zur Zeit der Fruchtreife vor. Es ist daher dieses zugleich die Zeit, welche über die Fruchtbarkeit des folgenden Jahres bei unseren Obstbäumen entscheidet.

Blüthen- und Blattknospen sind sich insofern durchaus ähnlich, als beide stets die Spitze einer Achse bilden, mit den ersteren erlischt aber das Gipfelwachsthum des Achsengebildes (vergl. Seite 22), während die letztere zur Fortsetzung der Achse bestimmt ist. Schon die erste Anfangszelle, aus der eine Knospe hervorgeht, trägt die Bestimmung in sich, sich zur Blüthen- oder Blattknospe zu entwickeln, worauf die meist sehr bestimmte Vertheilung der Blumen an der Pflanze hinweist.

Die Blumen- und Fruchtbildung ist zugleich der Endzweck des Daseins der Pflanze. Bei den ein- und zweijährigen Pflanzen erlischt das Leben des Individuums mit der Samenreife; bei den perennirenden Stauden und Zwiebelgewächsen sterben die oberirdischen Jahrestriebe zur Zeit der Samenreife ab und bei der Mehrzahl der Holzgewächse bezeichnet der Blätterfall diesen Zeitpunkt. Wie bei den baumartigen Formen die Entwickelung der ersten Blüthenknospen immer erst in spätere Lebensjahre fällt, zeigten wir schon. Auch bei den Strauchgewächsen und den Perennien ist dieß je nach den verschiedenen Arten sehr verschieden. Im Allgemeinen kann man annehmen, daß bei ihnen die Fruchtbarkeit um so später eintritt, je mehr Stoffe die Bildung der Blume oder des Blüthenschaftes in Anspruch nimmt. Zur Erläuterung nur einige Beispiele:

Die Aloë (Agave americana) ist als eine Pflanze bekannt, von der der Volksglaube erzählt, sie gebrauche hundert Jahre, bevor sie einen Blüthenstand entwickeln könne, der bekanntlich in einem Jahre auf Kosten der in den saftigen Blättern enthaltenen Nahrungsstoffe, eine sehr bedeutende Höhe von zwanzig bis dreißig Fuß erreicht und Tausende von Blumen trägt. Je größer und üppiger die Pflanze ward, bevor sie Blumen trägt, je kräftiger und umfangreicher wird der Blüthenstand. Bei der Kultur in unseren Gewächshäusern in Töpfen und Kübeln, da kann denn wirklich bei dieser Pflanze manches Jahrzehend dahinschwinden, bevor diese Pflanze einen Blüthenstand entwickelt, und die Hälfte der hundert Jahre verfließt bei solcher Kultur häufig, bevor die Fruchtbarkeit eintritt. Ins freie Land gepflanzt, wo sie unterm Einfluß eines warmen Standortes und kräftiger Nahrung sich viel schneller entwickeln kann, da wird aber die gleiche Pflanze in viel kürzerer Zeit fruchtbar, und im südlichen Italien sieht man nicht selten fünf- bis sechsjährige Pflanzen schon blühen. Starke Trockenheit und niedrige Temperaturen während der Ruhezeit, sowie ein Standort im freien Lande unter einem transportabeln Hause bewirken auch in Kultur bei uns das frühzeitigere Erscheinen des Blüthenschaftes.

Die Zwiebelgewächse liefern uns eine Menge ähnlicher Beispiele. Sie werden erst fruchtbar, wenn ihre Zwiebel eine bestimmte Größe

Digitized by Google

erreicht hat, und je stärker die Zwiebel, je größer und reichblumiger wird der Blüthenschaft. Zwiebelgewächse unserer Warmhäuser, die wie die Amaryllis-, Crinum-, Pancratium-Arten und andere nicht jährlich blühen, werden, wenn sie hinlänglich erstarkt sind, bekanntlich zu dankbarem Blühen veranlaßt, wenn man ihnen während ihrer Vegetationszeit viel Nahrung und Wärme zukommen läßt, und darauf durch Trockenheit und Wärme während der Ruhe auf Ablagerung von Stoffen hinwirkt. Derartig behandelte Amaryllis-Zwiebeln entwickeln, noch durchaus trocken stehend, ihre Blüthenschafte im ersten Frühling ziemlich sicher, lediglich auf Kosten der durch die Behandlung des letzten Jahres für ihre Entwickelung vorbereiteten Nahrungsstoffe. Hält man sie aber auch zur Zeit der Ruhe naß, dann entwickeln sie auch im folgenden Jahre nur Blätter.

Derartige Beispiele kann man aus allen Theilen der Pflanzenkultur massenhaft geben, welche alle darauf hindeuten, daß Blatt- und Stengelwachsthum die Entwickelung der Blüthenknospen vorbereitet, und daß Entziehung der von außen in die Pflanze übertretenden Nahrung, natürlich im richtigen Verhältniß, je nach den verschiedenen Pflanzen, die Weiterentwickelung der Blüthenknospen bedingt.

Wir sagen die Weiterentwickelung der Blüthenknospen, denn bei einer einmal zur Fruchtbarkeit geneigten Pflanze sind die Blüthenknospen in der ersten Anlage bestimmt jederzeit vorhanden. Durch unzeitige Zuführung von Nahrung, und gleichzeitige Influirung von Wärme wird die Pflanze aber zum neuen Triebe gereizt, bevor noch die Blüthenknospen hinlänglich weit vorgeschritten sind, sie verkümmern in Folge dessen wie so manches andere Knospengebilde, welches nie zur Entwickelung kommt, in der Anlage, und an ihrer Stelle entwickeln sich vegetative Blattorgane. *

* Lindley sagt in seiner Theorie der Gärtnerei: „Was eine Pflanze veranlaßt, Knospen zu Blumen umzugestalten, ist noch unbekannt.“ Das ist aber entschieden unrichtig, wir können von keiner beliebigen Umgestaltnng einer Blattknospe zur Blumenknospe und umgekehrt sprechen. In der Natur kommen in dieser Beziehung nur monströse Mißbildungen vor, wie wir solche theils schon Seite 39 besprochen, theils solche noch kennen lernen werden. Von einem Uebergehen des einen Gebildes in das andere kann keine Rede sein, sondern es handelt sich hier nur um Ausbildung oder Verkümmerung des bereits vorhandenen. Durch künstliche Mittel kann man auf die Ausbildung solcher sonst zurückbleibender Knospen zurückwirken. So bedingt das Stutzen der Zweige das Ausbrechen von Axillarknospen, die sonst verkümmern würden. Durch solches Stutzen kann aber oft auch auf Fruchtbarkeit zurückgewirkt werden. So entwickelt manche Schlingpflanze mit sehr langen üppigen Stengeln, die wenig Blumen bringen, wenn man die Spitzen derselben stutzt, aus den Achseln viele schwächlicher wachsende Aeste, die dann Blumen bringen, so z. B. das sonst undankbar blühende **Tropaeolum Wageneriauum.** Auch bei unsern Fruchtbäumen wirkt man durch Stutzen der Sommerschosse auf Vorbildung von Blatt- und Blüthenknospen zurück, und tropische Orchideen, namentlich Cattleyen und solche, die auf der Spitze ihrer Stengel oft verkümmernde Blüthenknospen tragen, kann man sehr häufig veranlassen, ihre Blüthenstände zu entwickeln, wenn man ihnen die wachsende Spitze ihres proliferirenden Stengelgebildes abschneidet, und so die Bildung neuer Blatt- und Stammorgane zu Gunsten der Ausbildung der Blumen unterdrückt.

Digitized by Google

Kehren wir nach dieser Abschweifung zu den Holzgewächsen zurück, so geht aus den gegebenen Erläuterungen zur Genüge hervor, daß ein trockner warmer Herbst nicht nur so segensreich auf Holzreife, sondern eben so sehr auf starke Vorbildung der Blüthenknospen und folglich auch auf die Fruchtbarkeit des folgenden Jahres zurückwirkt. Auf einen nassen Herbst folgt dagegen immer eine schlechte Obsternte, wenn nicht der Winter so milde ist, daß hier der Baum das Versäumte noch nachholen kann.

Ueber die Mittel, auf frühere Fruchtbarkeit hinzuwirken, sprachen wir Seite 255. Auch für die perennirenden Stauden ist die Zeit der Samenreife die Periode der Vorbildung der Knospen für den folgenden Jahrestrieb. Wenn mit der Samenreife die Stengel absterben, gehen die in ihnen enthaltenen Nahrungsstoffe theils in die Samen, theils in den Wurzelstock über und kräftigen dahinwelkend beide noch zur folgenden Wachsthumsperiode. Bekannt ist es in dieser Beziehung, daß noch ganz unausgebildete Samen, welche mit den Stengeln abgeschnitten und an einem trocknen schattigen Ort aufgehängt werden, auf diese Weise noch ihre vollständige Reife erhalten können, was man durch Nachreife bezeichnet. Auch die Unterdrückung der Samenbildung wirkt auf bessere Ausbildung des Holzes und Wurzelstockes zurück. So bilden z. B. die japanischen Lilien viel schwächere Zwiebeln, wenn man sie zum Samentragen mittelst künstlicher Befruchtung nöthiget.

Eben so bekannt ist es aber auch, daß das frühzeitige Abschneiden der Stengel die unterirdischen Stengelorgane in ihrer normalen Entwickelung und Ablagerung von Stoffen sehr beeinträchtiget. So wird durch das Abschneiden des Kartoffelkrautes, so lange dasselbe nicht natürlich abgestorben, die vollkommene Ausbildung der Knollen verhindert, wie dieß die vielfachen Versuche bewiesen haben, die man in dieser Hinsicht anstellte, um hierdurch die Kartoffelkrankheit zu verhindern. Durchaus gleich verhalten sich aber alle Pflanzen mit ausdauernden unterirdischen Stengelgebilden.

4. Die Ruhezeit und Ablagerung von Reservenahrung.

Wenn schon in der vorangegangenen Periode der äußeren Zeichen der Lebensthätigkeit der Pflanze immer weniger wurden, so sind diese zu der nun folgenden Zeit der Ruhe gänzlich verschwunden und das Pflanzenleben der Holzgewächse ist lediglich auf das Leben im Innern der Zellen und weitere Ausbildung der Blüthenknospen beschränkt. Aufnahme von Nahrung findet jetzt nur noch in sehr geringem Grade statt und alle Vorgänge beschränken sich auf Umbildung und Ablagerung zu festen Nahrungsstoffen, welche dann in der folgenden Triebperiode zu Neubildungen benutzt werden. Zu Ende dieser Periode, bei uns mit den ersten wärmeren Tagen des Frühlings, da geht das Stillleben allmälig wieder zu immer höher potenzirtem Leben über. Die Wurzeln nehmen wieder in vermehrtem Maaße auf, in den Knospen und Wurzelspitzen beginnt das Wachsthum, und so tritt die Pflanze, je nach den

Digitized by Google

äußeren Verhältnissen allmäliger oder schneller wieder zur neuen Triebperiode über. Am vollkommensten ist diese Ruhe bei den Bäumen mit hinfälligem Laube. Bäume und Sträucher mit immergrünem Laube verdunsten bei geeigneter Witterung auch im Winter und bilden während dieser Jahreszeit noch junge Wurzeln.

Man hat oft die Ruheperiode unserer Pflanzen als lediglich aus den niedrigen Temperaturverhältnissen unserer Winter hervorgehend, betrachtet. Es ist dieß aber eine tief mit der Natur der Pflanzen verwachsene Eigenschaft, die eine viel nähere Beziehung zur Zu- und Abnahme der Tage hat. Es müssen unsere einheimischen Gewächse diese Ruheperiode vollständig genießen, wenn sie im folgenden Jahre kräftig wachsen und blühen sollen. Je länger der Winter dauert und je später in Folge dessen neues Leben in die Pflanzen treten kann, je mehr scheinen sie sich zum neuen Triebe vorbereitet zu haben, denn desto schneller entwickelt sich die Vegetation. In besonders hohem Grade fällt dieß im hohen Norden sowie in unseren Alpen auf. Kaum ist die Schneedecke vergangen, so deckt sich der Boden schon mit neuer Vegetation, ja am Rande der Schneefelder, da durchbohrt sehr häufig das blaue Schneeglöcklein (Soldanella) mit seinen blauen Blumen die dünne Schneedecke, da der Boden am Rande der Schneefelder gemeiniglich früher auffriert, bevor er ganz von Schnee entblößt ist. Aehnlich sind diese Vorgänge in Sibirien, wo zwei bis vier Tage genügen, um nach dem Schmelzen des Schnees die Triften in grüne Blumengefilde umzuwandeln.

Bekommen wir dagegen mitten im Winter, bevor die Zeit zum neuen Triebe da ist, ungewöhnlich warmes Wetter, dann zeigen nur wenige unserer Holzgewächse neues Leben, und zwar sind dieß gerade Pflanzen, welche aus milderen Klimaten stammend, unmittelbar in der auf die kürzesten Tage folgenden Periode in ihrer Heimat zu blühen pflegen, so Cydonia japonica, der Pfirsich, Calycanthus præcox und andere, und von unseren einheimischen Pflanzen die meisten kätzchentragenden Bäume, der Seidelbast u. a m. — Die Beobachtung zeigt, daß unter solchen anormalen Verhältnissen es nur die Blumenknospen sind, welche sich auffallend entwickeln, während die Blattknospen stark zurückbleiben; es zeigt uns dieses Verhältniß, daß die Pflanzen während der Zeit, wo sie wenig von außen aufnehmen, außer der Ablagerung von Stoffen auch fortfahren, die Blumenknospen vorzubilden.

Für viele unserer ausdauernden, im ersten Frühling blühenden Stauden, ist, nachdem sie im Vorsommer ihre Samen gereift, der Spätsommer die Zeit ihrer natürlichen Ruhe, und der Vorbildung der Reservenahrung. Es sind dieses alle jene die Waldungen, Hecken und Wiesen bewohnenden Pflanzen, welche im ersten Frühling, wenn der Wald noch blattlos dasteht, wenn die hohen Gräser der Wiesen sich über ihnen noch nicht geschlossen, ihre Blumen entwickeln und unterm Einfluß des helleren Lichtes kräftig vegetiren. Später wenn erst wieder ein dichtes Blätterdach sich über ihnen wölbt, beginnt für sie die Periode der Samenreife und Ruhe. Aber schon im Herbst regt sich neues Leben

Digitized by Google

in ihnen und den ganzen Winter hindurch unter dem Schutz einer Schneedecke, bilden sie die Jahrestriebe vor und entwickeln neue Wurzeln. Es ist für sie mithin der Herbst und Winter die Zeit der Saftperiode. Daher sind es Zwiebelgewächse und Perennien solcher Lokalitäten, welche, wie das Schneeglöckchen, das Veilchen, der Crocus ꝛc., als erste Boten des Frühlings in unseren Gärten gepflückt werden, oder die sogar, wie die Christwurz, schon mitten im Winter, oder wie die Herbstzeitlose, der Saflor und andere im Spätherbst ihre Blumen entwickeln.

Schließlich wollen wir noch darauf hindeuten, daß von allen Pflanzen unseres Klimas nur die einjährigen keiner Ruhe zu bedürfen scheinen. Bei diesen ist der Samen das einzig überlebende Organ, und von der großen Mehrzahl der Samen ist es bekannt, daß sie unmittelbar nach der Reife ausgesäet, nicht sogleich keimen, sondern erst eine Zeit lang trocken liegen müssen, um durch solch eine Ruhe die Nachreife zu erhalten und keimfähig zu werden. Daher kommt es, daß so manche einjährige Pflanze, die schon im Sommer ihre Samen massenhaft ausstreuet, erst im Herbst oder nächsten Frühling keimt.

d. Wie verhalten sich die Pflanzen anderer Länder in Bezug auf die Vegetationsperioden? und wie verhalten sich die Pflanzen überhaupt, wenn sie unter von ihrem Heimatlande verschiedene klimatische Verhältnisse gebracht werden?

Daß alle Gewächse eine Ruheperiode bedürfen, wenn sie normal wachsen und fleißig blühen sollen, sprachen wir schon aus; doch sind nur bei den Pflanzen der kalten und kalten gemäßigten Zone jene vier Wachsthumsperioden deutlich geschieden, und auch bei manchen Pflanzen dieser Klimate verschmilzt z. B. die Periode der Fruchtreife sehr oft theilweise mit der der Blüthezeit, insofern es viele Pflanzen gibt, die reife Früchte und Blumen zu gleicher Zeit tragen. Besonders häufig ist dieß der Fall bei den einjährigen Gewächsen, vielen Schlinggewächsen, den immergrünen Pflanzen der warmen gemäßigten Zone u. s. f., welche an den Spitzen ihrer Aeste noch lebhaft blühen, wenn der untere Theil derselben schon mit reifen und abfallenden Früchten und Samen bedeckt ist. In den eigentlich heißen Klimaten, da stellt sich während der trocknen Jahreszeit eine eben so vollkommene Ruheperiode in der Pflanzenwelt wie bei uns ein. Am kürzesten ist die Ruhezeit bei den Pflanzen jener Länder, welche nur sehr geringe Differenzen in der Temperatur der verschiedenen Jahreszeiten zeigen und deren Sommer nicht so trocken, daß jedes Pflanzenleben erstirbt. Als solche haben wir die Mehrzahl der Pflanzen der Hochebenen zwischen den Wendekreisen genannt, wo die Sonne fast das ganze Jahr hindurch unter dem gleichen Neigungswinkel einfällt und die hohe Lage die Wärme mildert und die nassen Niederschläge mehr regulirt. Auch hier tritt zwar während des trocknen Sommers ein Ruhepunkt in der Vegetation ein, doch ist dieser nicht

Digitized by Google

mit den Erscheinungen des hinsterbenden Lebens in so auffallender Weise begleitet, wie in der kalten und heißen Zone. Die Ruhe selbst ist keine so vollkommene, und besteht nur in verminderter Aufnahme und Vorbereitung eines neuen Triebes. Annähernde Verhältnisse zeigen auch alle die Länder der warmen gemäßigten Zone, welche im Sommer nicht an totalem Wassermangel leiden. Unter diesen glücklichen Verhältnissen, da leben alle jene Halbsträucher mit weichem Laube, die sich nie ganz entblättern und oft durch so anhaltende Blüthezeit auszeichnen, daß wir sie immerblühend nennen. So die in unserem Sommer und Winter fast gleich dankbar blühende Sparmannia aus Südafrika, die prächtige Bouvardia leiantha, die Alonsoa-Arten, die fast unausgesetzt blühenden Habrothamnus-Arten, die Gerontogea, viele Begonien, Kompositen und andere aus den Hochgebirgen des warmen Amerikas, ferner die immerblühenden Rosen Chinas und so manche andere in unseren Gärten wegen ihrer dankbaren Blüthe beliebte Pflanze.

Aber auch diese Pflanzen haben eine längere und zuweilen noch mehrere kürzere Ruheperioden im Jahre, welche zwischen die Entwickelung neuer Triebe und Blumen fallen, und der umsichtige Gärtner hilft dann durch Zurückschneiden, Verpflanzen u. s. f. nach, Läßt man ihnen dagegen gar keine Ruhe, sondern erschöpft sie durch stets neue Reizmittel, so werden auch ihre Blumen sparsamer und weniger dankbar erscheinen. So werden Bouvardia leiantha, Habrothamnus auranticus, elegans etc., die im Winter im Warmhaus sehr reich und dankbar blüheten, im Sommer einen viel weniger üppigen Flor zeigen, als solche, die bei niedrigen Temperaturgraden durchwintert wurden, und umgekehrt werden im Sommer besonders reich blühende Exemplare im Winter weniger reichen Flor zeigen.

Wenn theils Mangel an Wärme, theils Mangel an Wasser die äußeren Faktoren sind, die die Vegetationsperioden zu bedingen scheinen, so ist nichtsdestoweniger eine Veränderung dieser äußeren Verhältnisse, bei der Mehrzahl der Pflanzen weder im Stande, die Ruheperiode gänzlich abzuändern, noch die Vegetationszeit konstant auf eine mit der Zu- und Abnahme der Tage in ihrem Heimatslande im Kontrast stehende, durchaus verschiedene Jahreszeit zu verlegen. So werden z. B. unsere laubwerfenden Bäume, unter den steten Einfluß hoher Temperaturen und von Feuchtigkeit gebracht, nur etwas später als zur gewohnten Zeit ihr Laub werfen, etwas früher treiben und nur wenige Blumen bringen. Noch merkwürdiger ist aber z. B. das Verhalten unserer einheimischen Bäume und Obstbäume insofern, als sie auch in andere wärmere Länder verpflanzt, dennoch genau dieselbe Vegetations- und Ruhezeit wie in ihrem Vaterland einhalten, wenn gleich die klimatischen Verhältnisse der Art sind, daß man eine vollständige Veränderung ihrer Vegetationszeit erwarten sollte. So erzählt Heer, daß in Madeira, dessen Winter ungefähr der Temperatur unseres Sommers entspricht, dessen Sommer aber trocken und regenlos, dennoch alle unsere dort schon seit langen Jahren angesiedelten Obstbäume genau auch zur Zeit des dortigen, mit dem

Digitized by Google

unserigen gleichzeitig fallenden Sommer vegetiren, und zur dortigen Winterszeit ruhen.

Man hätte erwarten sollen, der dortige trockene heiße Sommer würde auf sie ungefähr den gleichen Einfluß üben, wie der Mangel an Wärme bei uns im Winter, und sie würden demgemäß zur dortigen Winterszeit vegetiren und im Sommer ruhen. *

Ein durchaus ähnliches Verhalten zeigen auch die in unseren Gärten so zahlreich eingeführten Pflanzen anderer Länder. Die der nördlichen Hemisphäre und der Tropenländer blühen hier (wenigstens nach allen dem Verfasser bekannten Fällen) mit geringen Differenzen ungefähr zur gleichen Zeit, wie in ihrem Vaterlande und verändern ihre Blüthezeit durchaus nicht nach dem Einfluß unseres Klimas, wie man dieses vermuthen sollte. Am auffallendsten ist diese Erscheinung z. B. bei manchen einjährigen oder zweijährigen Schlingpflanzen wärmerer Länder, so z. B. den Tropæolum-Arten der Gebirgsländer des warmen Amerikas wie T. Moritzianum, Wagenerianum,

* Die Beobachtungen, welche Herr Professor Heer über die Vegetationsperioden der Pflanzen Madeiras gemacht, sind in Bezug auf den periodischen Wechsel der Vegetationsperioden, dieser unter den herrlichen klimatischen Verhältnissen jener Insel lebenden in- und ausländischen Pflanzen so interessant und werfen ein so helles Licht auf die merkwürdige Eigenschaft der Pflanzen, durchaus eigensinnig an der Vegetationszeit ihres Vaterlandes festzuhalten, daß wir hier mit kurzen Zügen das Wichtigste aus jenen Beobachtungen mit dem Wunsche mittheilen, daß auch andere Reisende ähnliche Beobachtungen über einheimische und eingeführte Pflanzen der warmen und gemäßigt warmen Zone sammeln möchten.

Madeira hat ein sehr gleichmäßiges Klima, der kälteste Monat ist nur 8° R. kälter als der wärmste. Die fünf Monate, November bis März, haben eine mittlere Temperatur von ungefähr 14½ % R., eine Temperatur, welche ungefähr der mittleren Wärme unserer Sommermonate, von Mai bis September, entspricht. Der Sommer ist in Madeira, im Vergleich zur gleichen Breite auf dem Festlande, weniger warm, da er nur ungefähr 17½ % R. mittlere Wärme besitzt, und der Regen fehlt in den Monaten Juli bis August gänzlich. In den andern Monaten fällt der Regen mehr sporadisch, von einer eigentlichen Regenzeit, wie unter den Tropen, ist keine Rede.

Die wenigen einheimischen Bäume besitzen alle ein immergrünes Laub, sie entwickeln zwischen November und Januar ihre Blumen und im Frühling die Früchte, um dann im Sommer zu ruhen. Die schönen Lorbeerarten blühen dagegen von November bis Frühling und reifen im Sommer die Früchte. Die krautartigen Pflanzen beginnen erst nach Neujahr üppig zu treiben und ihre Blüthen zu entwickeln.

Von den zahlreichen in den Gärten eingeführten Pflanzen wollen wir folgende erwähnen: Unsere Sommereiche und Buche findet man häufig in den Gärten angepflanzt. Die erstere bildet Ende Oktober die ersten dürren Blätter, aber erst Neujahr waren alle abgestorben. Die Belaubung folgte unregelmäßig, bei einigen schon im Januar, bei den meisten jedoch erst Ende Februar. Das Laub der Buche ward Mitte November dürr und die Wiederbelaubung fand erst Ende April statt. — Der Apfel- und Birnbaum verliert Anfangs Dezember das Laub, und erst Anfangs April beginnt der neue Trieb und Blüthezeit, die Fruchtreife fällt ungefähr auf August. Doch gibt es dort einzelne derartige Bäume, welche zweimal im Jahre Blumen und Frucht tragen, indem sie im Herbste zum zweiten Male blühen. Auch die Feigen, Kastanien, Wallnußbäume, die Zwetschen, Weinreben und alle Nordamerikaner ruhen zur gleichen Zeit wie bei uns, nur der Pfirsichbaum zeigte schon im Herbst noch zwischen altem Laube die ersten Blumen und blühete von da bis zum Frühling fort.

Eine immergrüne Pflanze Südeuropas, das **Viburnum Tinus**, blühet genau zur gleichen Zeit wie in ihrer Heimat, nämlich in der Mitte des Winters. Auch die Pflanzen

Digitized by Google

Lobbianum und andere mehr. Während dieß Pflanzen sind, die von ihrem Keimen an fast unausgesetzt wachsen, entwickeln sie konstant ihre Blumen erst im Spätherbst und während unserer Wintermonate, der gleichen Zeit, in der sie auch in ihrem Vaterlande blühen. Es rührt diese Erscheinung aber nicht etwa daher, daß diese Pflanzen erst ein bestimmtes Alter erreichen müssen, bevor sie Blumen entwickeln, denn einmal blühen gegen den Winter hin auch kleinere Pflanzen derselben und durchwintern wir sie in unseren Gewächshäusern, so blühen sie nur den Winter hindurch, treiben dann den ganzen folgenden Sommer wieder nur ins Laub, um dann gegen den Winter hin wieder von Neuem zu blühen. Aehnliche Eigenschaften zeigen viele andere Pflanzen, so blühet z. B. die Salvia fulgens immer in unseren Sommermonaten, die außerordentlich nah verwandte S. gesneriflora dagegen nur in unseren Winter- und Frühlingsmonaten, ferner die indischen Chrysanthemum, so früh man sie auch antreibt, immer erst im Spätherbst, Lopezia miniata, macrophylla, die Cantua-Arten, die Primula chinensis und viele andere nur in unseren Wintermonaten vollkommen, und ähnliche Beispiele könnte man noch in großer Menge anführen.

der gemäßigt warmen Zone der nördlichen Hemisphäre Asiens verhalten sich wie in ihrem Vaterlande, indem sie theils zur dortigen Winterszeit blühen und im Sommer ruhen, so die Camellia, der Theestrauch, die **Olea fragrans**, die **Eriobotrya japonica** und andere mehr.

Auch die Pflanzen der Tropen zeigen in Madeira genau dieselben periodischen Erscheinungen wie in ihren Heimatsländern. Die Regenzeit ist dort die Periode des Wachsthums. Im tropischen Afrika und in Westindien fällt diese Zeit auf unsere Sommermonate, in Brasilien und einem Theile Ostindiens auf unsere Wintermonate. Es blühen daher auch die meisten brasilianischen und ostindischen Pflanzen in Madeira im Winter und die der anderen Länder im Sommer. Während daher in den Gärten Madeiras unsere Bäume blattlos dasteben, da entwickelt die prächtige **Poinsettia pulcherrima, Bombax erianthos, Erythrina Crista Galli, Cæsalpinia Sappan, Pandanus odoratissimus** und viele andere ihren herrlichen Blüthenschmuck.

Die Pflanzen der südlichen Hemisphäre endlich zeigen in Madeira gerade die umgekehrten Vegetationsperioden wie in ihrem Vaterlande, wo der Winter auf unseren Sommer fällt. So blühen in Madeira die **Eucalypten**, die **Banksien** und **Callistemonen** im Herbst (dem Frühling ihres Heimatlandes), die **Acacien** und **Pittosporen** dagegen erst gegen den Frühling hin, im Herbste ihres Heimatlandes.

Es zeigen uns diese Beobachtungen deutlich, daß die ausdauernden Pflanzen nicht das Vermögen besitzen, wenn sie in andere Himmelsstriche der gleichen Hemisphäre versetzt werden, ihre Vegetationsperiode zu ändern. Dagegen scheinen Pflanzen der südlichen Hemisphäre, in unsere nördliche versetzt, leichter sich den Verhältnissen der nördlichen Hemisphäre, je nach den speziellen klimatischen Verhältnissen anzupassen. Es scheint somit das Zu- und Abnehmen der Tage einen der wesentlichsten Einflüsse auf die Beständigkeit der Vegetationsperioden auszuüben, indem die Pflanzen unter andere Verhältnisse gebracht, in ihren Vegetationsperioden ungefähr den gleichen Entwickelungsgang durchmachen, wie dieß in ihrem Heimatsland der Fall ist, sich aber in Bezug auf die Jahreszeit weniger nach Temperaturverhältnissen und Regenmenge als nach dem Abnehmen und Zunehmen der Tage richten und sich nur in dieser Beziehung den Verhältnissen ihres Vaterlandes anzupassen streben. Nur für die einjährigen Pflanzen von kurzer Vegetationsperiode scheint dieß keinerlei Einwirkung zu zeigen. Säet man gut gezeitigten Samen derselben aus und gewährt ihnen die ihnen nothwendigen Wärmegrade, sorgt ferner für gehörige Ernährung, so gedeihen sie stets. So werden unsere Getreide und Gemüse in Madeira zu unserer Winterszeit kultivirt.

Digitized by Google

Es ist nun allerdings wahr, daß nicht alle Pflanzen so eigensinnig an genau derselben Zeit für Blüthe und Ruhe festhalten, wie diese in ihrem Vaterlande einfällt, denn bei manchen gelingt es dem Gärtner, die Blüthezeit künstlich etwas, aber nicht wesentlich zu verändern, wobei die fortgesetzte Anzucht aus Samen eine Hauptrolle spielt, nur muß man dieß nicht mit der Erzeugung von Bastarden verwechseln. Wir gehen damit zum letzten Theil dieses Paragraphen über.

e. Die Lehren, welche die Praxis aus den Vegetationsperioden geschöpft hat.

Es hat hier, wie in so vielen Fällen, die Theorie eben so viel von der Praxis gelernt, als die Praxis hinwiederum nach Feststellung der Thatsachen Lehren aus der Theorie schöpfen kann. Wir haben daher schon viele der für die Praxis wichtigen Thatsachen bei der Besprechung der einzelnen Punkte berücksichtiget. Für das Allgemeine noch Folgendes:

1. Berücksichtigung der Vegetationsperioden in Bezug auf Verpflanzen und Schnitt.

Die beste Zeit zum Verpflanzen aller Gewächse ist stets diejenige, welche unmittelbar der kräftigen Neubildung junger Wurzeln vorausgeht. Dieser Zeitpunkt ist aber nicht bloß nach den verschiedenen Vegetationsperioden, sondern auch je nach der Natur der Pflanzen ein sehr verschiedener. Pflanzen mit hinfälligem Laube können mit gleich gutem Erfolg im Herbste, sowie im Winter oder auch im ersten Frühling vor dem Ausbrechen des Triebes verpflanzt werden. Am sichersten wird diese Operation aber immer dann vorgenommen, bevor die betreffenden Pflanzen im Safte sind. Verpflanzt man schon, nachdem der Trieb begonnen, so müssen die Wurzeln viel sorgfältiger vor dem Abtrocknen geschützt und beim Setzen ordentlich mit Wasser versorgt werden, weil dann schon die Pflanzen auf eine lebhaftere Aufnahme aus dem Boden angewiesen sind.

Immergrüne Bäume, die auch während des Winters aufnehmen und Wurzeln bilden, verpflanzt man am sichersten im Herbst, nämlich im September und Oktober. Auch hier muß ein gehöriges Einschlemmen mit der Operation verbunden werden, und es ist bekannt, daß bei unseren harten Tannenarten, selbst wenn Nachts schon Fröste einfallen, solche Wassergaben dennoch für das Anwachsen vortheilhaft sind, was genugsam darauf hinweist, daß immergrüne Pflanzen den Winter hindurch bedeutend mehr Wasser konsumiren, als Holzgewächse mit hinfälligem Laube, bei welchen letzteren beim Verpflanzen im Spätherbst und vor dem Eintreten des Saftes überhaupt solche Wassergaben weder angewendet werden noch angewendet werden dürfen.

Für das Verpflanzen aller unserer Perennien, welche während des Frühlings und Anfangs Sommers blühen, da ist ebenfalls der Herbst die beste Periode zum Verpflanzen, sowie zur Theilung des Wurzelstockes, welche man dann gleichzeitig vornimmt. Je früher die betreffenden Pflanzen im Frühling Leben zeigen oder Blumen entwickeln, desto früher

Digitized by Google

im Herbst soll man deren Versetzen bewerkstelligen. Wie wir erwähnt, haben diese Pflanzen ihre Ruheperiode im Sommer durchgemacht und beginnen theilweise schon mit Mitte August neue Wurzeln zu bilden.

So wollen wir nur als Beispiel aufführen, daß die Erdbeere schon im August verpflanzt werden muß, sie bewurzelt sich dann noch im Herbst und ist dem Ausfrieren * nicht unterworfen. Das Gleiche gilt von allen während des Winters schon bei niedrigen Wärmegraden vegetirenden Pflanzen, so den Aurikeln und Primeln und vielen anderen, welche spätestens August verpflanzt werden müssen. Die perennirenden Päonien, wenn sie schon im August getheilt werden, bewurzeln sich während des Winters so vollkommen, daß sie schon im nächsten Frühling wieder kräftig blühen. Verpflanzt und theilt man sie aber erst im Frühling, so ist bei starker Zertheilung in theilweise kaum bewurzelte Stücke deren Anwachsen

* Das Ausfrieren junger oder frisch getheilter Pflanzen während des Winters ist der einzige Grund, welcher dem so nützlichen Herbstverpflanzen oft hindernd in dem Wege steht. Es besteht dasselbe in einem mechanischen Auswerfen der frisch gesetzten Pflanzen aus dem Boden, tritt bei abwechselndem Frost und Thauwetter, wenn der Boden schneefrei ist, ein und zeigt sich stark in leichten lockern Bodenarten, sowie bei in Vegetation befindlichen Pflanzen, deren Stengel über die Erde emporragen und deren Wurzeln nicht stark verästelt, schief oder senkrecht in dem Boden herabsteigen. Es ist dieses lästige Ausfrieren, dem in Baumschulen und Gärten so manche junge Pflanze zum Opfer fällt, eine rein mechanische Einwirkung des Frostes. In lockerm oder frisch gelockertem Boden dringen auch geringe Fröste schnell bis zu ziemlich bedeutender Tiefe ein. Die Pflanzenwurzel gefriert stets später, als das sie umschließende Erdreich. Da nun neue Eiskrystalle sich immer an bereits gebildeten ansetzen und dabei mit gleichsam unwiderstehlicher Gewalt sich nach der noch nicht krystallisirten Seite ausdehnen, so wird dadurch ein allmäliger, aber unwiderstehlicher Druck auf die Wurzel ausgeübt, wodurch dieselbe, da sie doch immer eine mehr oder weniger nach unten abnehmende Form besitzt, aus dem Boden herausgehoben wird. — Selbst todtes Holz zeigt als schlechter Wärmeleiter schon ähnliche Eigenschaften, wie das Umfallen der unten keilförmig zugeschnittenen Etiquetten während des Winters ꝛc. zeigt. Befördert wird diese Erscheinung außerdem noch dadurch, daß während des Gefrierens das gefrorne Erdreich sich nach allen Seiten ausdehnt. Beim Ausfrieren zieht es sich wieder zusammen, und so bilden sich um fremdartige, mit der Oberfläche korrespondirende Gegenstände, hohle Räume um dieselbe, so auch um Steine, todtes Holz ꝛc. Hierdurch wird auch die wenig verästelte Pflanzenwurzel durch Nachtfröste erst im Boden gelockert und kann dann auf die angegebene Weise um so leichter ausgeworfen werden. Es ist klar, daß sich in desto höherm Grade diese Erscheinung zeigen muß, je lockerer und offener der Boden. Wird dagegen nur durch eine gleichmäßige Grasnarbe das Eindringen des Frostes in die Erde mehr regulirt, so daß die Pflanzenwurzeln mit dem Boden gleichzeitig gefrieren, so zeigt sich dieses Ausfrieren auch nicht. Ebenso muß ferner eine noch mehr in Vegetation befindliche Pflanze dem Eindringen des Frostes in ihr Gewebe immer einen größeren Widerstand, als eine ruhende oder todte Pflanze entgegensetzen, da sie anfänglich aus dem noch nicht gefrornen Boden immer noch Säfte nachführt, welche eine wärmere Temperatur besitzen, und daraus würde es sich erklären, warum auch im Winter vegetirende Pflanzen dem Ausfrieren im höchsten Grade ausgesetzt sind. So z. B. die Sämlinge der Tannenarten, die im Herbst getheilten Aurikeln, Bellis, Erdbeeren und alle Pflanzen mit wenig verästelten, noch nicht mit frischen Saugwurzeln im Erdboden befestigten Wurzeln. Recht frühzeitiges Verpflanzen und Theilen schon im August oder selbst bald nach der Blüthe im Sommer, damit sich die Pflanzen frisch bewurzeln können, sowie eine leichte luftige Decke von Moos und Tannenreis oder mit Tannennadeln bei später verpflanzten, sind die Mittel dagegen. Selbst nicht verpflanzte, noch sehr junge, in Samenbeeten stehende Holzgewächse, die noch ziemlich einfache Pfahlwurzeln besitzen, müssen auf diese Weise geschützt werden.

Digitized by Google

zweifelhaft und die Blüthe wird stets vollkommen gestört, da vor dem folgenden Herbst nur sehr geringe oder gar keine Neubewurzelung stattfindet. Man verliert daher bei der Wahl einer so ungünstigen Zeit zum Verpflanzen im günstigsten Falle ein ganzes Jahr, im ungünstigen dagegen auch einen Theil der Pflanzen. Kann man solchen getheilten Stauden während des Winters einen frostfreien kühlen Standort anweisen, wie in frostfreien Beeten, so geht die neue Bewurzelung auffallend sicher und lebhaft vor sich. Auf diese Weise vermehren wir im hiesigen Garten alle feineren Stauden und bewurzeln sich sogar wurzellose Stengelstücke derselben unter diesem Verfahren sehr sicher.

Topfgewächse, deren Wurzeln man mit leichter Mühe beim Verpflanzen gänzlich schonen kann, können zwar das ganze Jahr hindurch verpflanzt werden, doch wird man in allen den Fällen, wo Theilungen des Wurzelstockes stattfinden sollen, oder wo die Wurzeln theilweise zurückgeschnitten werden müssen, ebenfalls am geeignetsten die Zeit vor dem Ausbrechen des Triebes oder die der Ruhe hierzu wählen, was jedoch je nach den verschiedenartigen Pflanzen Abänderungen aller Art unterliegt.

Vom Schnitt gilt ungefähr das Gleiche, was vom Verpflanzen gesagt wurde. Ein Zurückschneiden, das erst dann, nachdem die Pflanzen bereits neue Triebe gebildet haben, ausgeführt wird, raubt der Pflanze ganz unnöthig eine Menge von Nahrungsstoffen, die zu den bereits ausgebildeten Trieben verwendet wurden. Ein anderes ist es mit dem Schnitt nach Vollendung der Blüthezeit. Eine Pflanze, die man zu dieser Zeit zurückschneidet und dabei auch durch Entfernung der verblühten Blumen die Fruchtbildung unterdrückt, treibt gemeiniglich noch einmal kräftig ins Holz oder entwickelt wie alle mehrmals blühenden Pflanzen von Neuem einen reichen Blüthenflor. So wirkt man bekanntlich durchs Zurückschneiden der remontirenden Rosen im Sommer, auf den Blüthenflor derselben im Herbste, durch das Zurückschneiden der Winterlevkoien im Frühling, auf deren nochmalige Blüthe im Sommer u. s. f. zurück. Im Uebrigen verweisen wir in Bezug auf den Schnitt auf S. 253—258.

2. Die Treiberei und die künstliche Veränderung der Vegetationsperioden überhaupt.

Wir haben im Vorhergehenden gezeigt, daß nur die Pflanzen, die eine ihren Vegetationsverhältnissen angemessene Ruheperiode genießen konnten, im Stande sind, einen kräftigen neuen Trieb und Blüthen in reichlicher Menge zu bilden. Die Mittel, deren sich die praktische Gartenkunst bedient, um die Vegetationsperioden mancher Pflanzen je nach den speziellen Zwecken zu verändern, können daher selbstverständlich nicht darin bestehen, die Ruhezeit überflüssig zu machen, sondern nur darin, dieselbe theils zu verlängern, theils dieselbe früher herbeizuführen und schneller zu Ende zu bringen.

Am leichtesten gelingt immer die künstliche Verlängerung der Ruhezeit unter Einfluß niedriger Temperaturen und einer bestimmten, jedoch nicht absoluten Trockenheit, Verhältnisse, die natürlich je nach den verschiedenen Pflanzen bedeutende Abänderungen erleiden. So können alle

Digitized by Google

unsere Perennien und ausdauernden Holzgewächse, die schon im Frühling blühen, sehr leicht bis in den Sommer zurückgehalten werden, wenn man sie in Töpfe pflanzt und so lange im Eiskeller aufbewahrt, bis man sie während des Sommers in Blüthe zu bringen gedenkt. Aehnliche Experimente kann man mit ziemlich gutem Erfolg mit den meisten Pflanzen machen, um deren latenten Lebensprozeß längere Zeit zu erhalten. Die lange Erhaltung der Keimfähigkeit vieler Samen beruht durchaus auf dem gleichen Prinzip.

Die Treiberei von Blumen und Früchten aller Art beruht bekanntlich darauf, die Pflanzen zu einer früheren Entwickelung zu veranlassen, als dieses in gewöhnlichen Verhältnissen stattfindet, und so zu einer Jahreszeit Blumen und Früchte zu erzielen, wo diese zu den seltenen Erscheinungen gehören. Sollen ausdauernde Pflanzen zu solchen Zwecken benutzt werden, so kann nur dann die Treiberei einen günstigen Erfolg haben, wenn die betreffenden Pflanzen, bevor sie zur Entwickelung neuer Triebe hohen Temperaturen ausgesetzt werden, ihre Ruheperiode vollständig beendet haben. Es gelingt daher die Treiberei solcher Pflanzen, welche wie die Mehrzahl unserer im ersten Frühling blühenden Perennien schon im Herbste in Saft kommen, verhältnißmäßig stets am leichtesten, namentlich wenn die betreffenden Pflanzen zeitig eingesetzt und durch vorausgehende Trockenheit auf vollkommen zeitige Vollendung ihrer Ruhezeit eingewirkt wird. So nimmt man die zum Treiben bestimmten Zwiebeln der Tulpen, Crocus, Hyazynthen, nachdem sie ausgewachsen, aus der Erde und legt sie bis zum Herbst an einen durchaus trockenen, schattigen Ort, um die Vollendung der Ruheperiode zu beschleunigen. Aber auch die Neubewurzelung der Zwiebeln muß unter gleichen Verhältnissen wie am heimatlichen Standorte vor sich gehen, soll die Treiberei gelingen. Sie werden darum zeitig im Herbst eingepflanzt und an einen kühlen Ort gestellt oder in den Schooß der Erde eingesenkt, und erst, nachdem so die in ihnen deponirten Stoffe sich allmälig zu Neubildungen geeignet umgebildet, die Blüthenknospe gehörig vorgebildet und eine normale Bewurzelung die Aufnahme vorbereitet, werden sie höheren Temperaturen ausgesetzt, schon mitten im Winter ihre Blumen entwickeln. Frisch eingepflanzte und sogleich hohen Temperaturgraden ausgesetzte Zwiebeln entwickeln meist die Blumen gar nicht oder sterben ganz ab.

Wir haben dieses Beispiel so ausführlich ausgeführt, um zu zeigen, daß jede auch die leichteste derartige Kultur nur dann Aussicht auf Erfolg hat, wenn man in allen Einzelnheiten dem normalen Gange der Vegetationsperioden folgt. Aehnlich den Zwiebeln verhalten sich alle anderen zur Treiberei benutzten Perennien, nur daß bei diesen vorher nicht so hohe Grade von Trockenheit und je nach ihrer Natur noch niedrigere Temperaturen zum Treiben angewendet werden müssen. So Erdbeeren, Spargel, Maiblumen, Veilchen, Primeln, Vergißmeinnicht und viele andere.

Bei den zum Treiben bestimmten Holzgewächsen muß die Prozedur gemeiniglich schon im Frühling begonnen werden. Man wirkt während des Sommers durch warmen freien Standort und kräftige Nahrung erst

Digitized by Google

auf vollkommene Ausbildung des Holzes, dann gegen den Herbst hin durch Trockenheit und sonnigen Standort auf frühen Laubfall und zeitige Ausbildung der Knospen und endlich gegen Winter durch Bodenfeuchtigkeit bei niedrigen Temperaturen auf Vorbildung der Saftmasse zum neuen Trieb, und dann erst durch allmälig steigende Temperaturen auf Entwickelung der Blumen in den Wintermonaten hin. Bei unseren heimischen Pflanzen und denen ähnlicher Klimate scheint die Einwirkung von Frost die Vorbereitung der Saftmasse wesentlich zu beschleunigen, weßhalb bei vielen Treibereien die Regel aufgestellt wird, es müsse erst ein Frost über die betreffenden Pflanzen gegangen sein.

Es versteht sich von selbst, daß es hier nicht der Ort ist, speziell auf die verschiedenen Treibereien von Blumen und Früchten, wie von Rosen, dem Flieder, den Pflaumen, dem Wein u. s. f., näher einzutreten, im Wesentlichen haben jedoch für alle die gleichen Grundsätze Geltung.

Auch bei manchen der nur zu unserer Winterszeit vollkommen blühenden Pflanzen der Gebirge der Tropen müssen ähnliche Grundsätze zum Hervorlocken der Blumen beobachtet werden. So blühet z. B. die herrliche Cantua bicolor, die schöne Lopezia macrophylla und viele andere nur dann reichlich, wenn man ihnen bis zum Januar einen kühlen Standort im Kalthause anweist, wobei ihre Triebe zurücksterben und ein vollkommener Ruhezustand eintritt. Nun ins Warmhaus gebracht, entwickeln sie bald kräftige neue Triebe und zahlreiche Blumen. Stellt man diese Pflanzen schon im Herbst warm oder bringt man sie erst im Frühling an einen warmen Standort, so werden sie in beiden Fällen nicht blühen, es muß hier also die Ruheperiode und die natürliche Blüthezeit zugleich Berücksichtigung finden, will man zum sichern Ziele gelangen.

Die Camellien und Rhododendron verhalten sich ähnlich wie unsere Holzgewächse. Um sie zur frühern Blüthe zu veranlassen, muß man schon zur Zeit ihres Triebes während des ersten Frühlings durch höhere Wärmegrade die Vollendung desselben, sowie das Ansetzen von Blumen beschleunigen. Ihre Blumen aber muß man bei sehr mäßig warmen Temperaturen ausbilden lassen, wenn sie sich reichlich und vollkommen ausbilden sollen. Hohe Wärmegrade zu dieser Zeit bewirken gemeiniglich das Fallen der Knospen und früheres Ausbrechen des Laubtriebes.

3. Einfluß auf Versendung der Pflanzen.

Die Zeit latenten Lebens ist der Zeitpunkt, wo die Pflanzen am leichtesten auf weite Entfernungen versendet werden können. Sie haben zu dieser Zeit die wenigsten Bedürfnisse, widerstehen der Trockenheit und Kälte am besten, haben nicht den steten Wechsel der Luft nothwendig u. s. f. Pfropfreiser, deren Schnittfläche mit Gummi ꝛc. verschlossen ist, können zu dieser Zeit weite Reisen machen. Die tropischen Orchideen mit Scheinknollen und Knollengewächse aller Art, zur Zeit der Ruhe und gehörig abgetrocknet, zwischen luftiges Moos und Hobelspäne trocken in Kisten verpackt, können oft drei Monate lange Reisen ungefährdet machen und erhalten so ihre Lebenskraft meist besser, als selbst in Waard'schen Kästen,

Digitized by Google

welche wir früher schon erwähnt haben. Während beim Verpacken und Versenden von allen in Vegetation befindlichen Pflanzen die Verpackung in der Weise eingerichtet sein muß, daß der Pflanze während der Reise alle zum Leben nothwendigen Bedingungen gewährt werden, hat man beim Verpacken ruhender Pflanzen aller Art nur darauf zu achten, daß sie erst dann verpackt werden, wenn die Ruhezeit wirklich begonnen, und daß sie unterwegs nicht zum neuen Triebe angeregt werden, wie dieß z. B. durch Wahl von feuchtem Verpackungsmaterial der Fall sein würde, sowie ferner die Pflanzen von dem Zutritt der atmosphärischen Luft, deren sie auch im ruhenden Zustande noch bedürfen, nicht gänzlich abzuschließen.

§ 26. Bildung von Secreten.

Bei der Betrachtung der Lebenserscheinungen im Innern der Pflanze lernten wir eine Reihe organischer Stoffe kennen, welche wie Zellstoff, Zucker, Amylon, Säuren, Proteinverbindungen ꝛc. eine unverkennbare Bedeutung für das Leben und Wachsthum der Pflanze haben. Neben jenen Stoffen kommen aber im Pflanzenkörper noch eine Zahl von Stoffen vor, über deren Bedeutung für die Pflanze wir noch im Unklaren sind. Es sind dieß Stoffe, die wir zum Theil schon S. 88 als Harze, Oele, Alkaloide, Milchsaft ꝛc. kennen lernten. Da diese Stoffe gemeiniglich in besonders geformte Zellen abgelagert oder nach außen oder zwischen die Zellen von den verarbeitenden Zellen abgeschieden werden, und da sich diese Stoffe ferner zum Theil als scharfe Gifte für Thiere und Pflanzen erweisen oder sich endlich keinerlei Beziehung derselben zur Ernährung der Pflanzen nachweisen läßt, so betrachtet man sie wohl nicht mit Unrecht als aus der Säftemasse ausgeschiedene, zur Ernährung untaugliche Stoffe. Sie haben daher den gemeinsamen Namen Secrete erhalten, und die Zellpartieen, welche sie enthalten, werden Secretionsbehälter genannt.

Die verbreitetste Form dieser letzteren sind die Drüsen, welche wir ihrer Lage nach als innere und äußere Drüsen S. 73 und Fig. 44, d, e, f, g, h, i kennen lernten. An der Oberfläche gelegene Drüsen sind es, welche jene klebrige, balsamische oder schmierige Feuchtigkeit ausschwitzen, die die Oberfläche der Blätter und grünen Stengel häufig überzieht. Derartige zuckerige süße Ausscheidungen treten besonders häufig in den Blüthen auf und werden da ebenfalls durch drüsenartige Organe bewerkstelligt, die den Namen Nectarien erhalten haben. Diese Nectarabsonderungen der Blumen können nun allerdings nicht als Ausscheidungen von den Pflanzen unnützen Stoffen betrachtet werden, sondern sie sind vielmehr als eine Ableitung des von der Blume in überflüssiger Menge angezogenen Bildungssaftes zu betrachten, da sie aufhören, sobald die Befruchtung angenommen und die Ausbildung der Frucht beginnt.

Außerdem treten auch ähnliche Aussonderungen aus der ganzen Oberfläche junger Blätter ziemlich häufig auf und sind dann unter dem Namen Honigthau bekannt. Dieser Honigthau kommt besonders zu der Zeit häufig vor, wenn die Bäume noch in der ersten Saftperiode

Digitized by Google

stehen und deren Stamm wie Blätter mit einem zuckerigen und süßen Saft fast überfüllt ist. Bei manchen Pflanzen, wie bei den Birken, kommt eine derartige Aussonderung auf der Oberfläche der jüngsten Blätter regelmäßig vor, in den meisten Fällen ist es aber eine krankhafte Erscheinung und entweder eine Folge durch äußere Verhältnisse gestörter Verdunstung oder eine Folge der Verwundung der jungen Blätter durch Blattläuse. Die Pflanze verliert nicht nur durch den Honigthau, wenn er in stärkerem Grade auftritt, viele ihrer besten Nahrungssäfte, sondern es verkleistert derselbe auch noch außerdem die Spaltöffnungen der Blätter und wirkt so auch schädlich durch Unterbrechung der Respiration. Eine ähnliche Entstehung, veranlaßt durch den Stich von Insekten, hat die Manna, welche von **Tamarix gallica**, der Lerche und einigen anderen Pflanzen gewonnen wird, während man den gleichen Stoff von der Mannaesche (**Fraxinus Ornus L.**) mittelst Einschnitten in die Rinde gewinnt.

Auch der als Reif, Duft, Pudermehl bekannte Ueberzug der Früchte mancher unserer Obstarten und der Wachsbeere (**Myrica cerifera**), an den Blättern und Kelchen der Aurikel, auf der Rückseite der Wedel mehrerer Farren (**Gymnogramme dealbata, Cheilanthes argentea**) ꝛc. entsteht durch die Aussonderung eines wachsartigen Stoffes durch die obersten Zellschichten. In besonders hohem Grade findet die Bildung und Ausscheidung dieses vegetabilischen Wachses bei der Wachspalme (**Ceroxylon andicola**) statt, wo der ganze Stamm mit einer 2 bis 3 Linien dicken Schicht von Wachs umkleidet erscheint.

Ueber Gummi, welches nur, wenn es in besondere Gummigänge abgeschieden wird, zu den Secreten gerechnet werden kann, ward S. 87 das Nothwendige gesagt. Ebenso ward S. 88 das Nöthige über aetherische Oele und S. 90 über Alkaloide beigebracht. Das Harz (vergl. S. 88) findet sich eben so wohl in erweiterten Interzellulargängen wie in den Blättern der Nadelhölzer, als auch in einer Vereinigung harzführender Zellen, wie im Holze der Nadelhölzer abgelagert. In beiden Fällen nennt man derartige Harzabsonderungen im Innern des Gewebes Harzgänge.

Die eigenthümlichste Form von Secreten, über deren Einfluß auf das Pflanzenleben man noch am meisten im Dunkeln ist, sind die gefärbten und ungefärbten Milchsäfte. S. 60 und 64 lernten wir die Entstehung der Milchsaftgefäße aus erweiterten Interzellulargängen und aus über einander gestellten Zellreihen kennen. Der Saft, welcher sich in diesen langen, durch keine Scheidewände unterbrochenen Kanälen befindet, ist trüb, dickt an der Luft bald ein, und ist entweder farblos oder gelb, roth oder weiß. Am häufigsten tritt unter den gefärbten Säften der Art die weiße Farbe auf, weßhalb man ihn Milchsaft nannte. Die Zusammensetzung des Milchsaftes ist sehr verschieden, häufig enthält er die furchtbarsten Gifte, immer aber findet sich in demselben Kautschuk in Gestalt kleiner Kügelchen, welche durch eine eiweißartige Substanz am Zusammenfließen gehindert werden.

Digitized by Google

Schultz war es, der in verschiedenen Schriften eine Analogie des Milchsaftes der Pflanzen mit dem Blute der Thiere nachzuweisen suchte. Dieß suchte er durch mehrere rein aus der Luft gegriffene Behauptungen zu beweisen. So verglich er die kleinen Kautschukkügelchen des Milchsaftes den mit einer besondern Membran umgebenen Blutkügelchen. Ferner vindizirte derselbe dem Milchsafte eine doppelte Bewegung, nämlich eine besondere der Moleküle und eine Strömung. Die besondere oder Molekularbewegung soll in Vereinigung und Trennung der kleinen Kügelchen bestehen, sich an den Wandungen des Gefäßes besonders bemerklich machen und auf die ganze andere Saftmasse eine anziehende Kraft ausüben. Von dieser Behauptung ist nach Mohls Beobachtungen nur so viel wahr, daß die Kügelchen des Saftes, sofern sie klein sind, die Brown'sche Molekularbewegung zeigen. Wenn sie aber größer sind, so fehlt diese Bewegung, welche sich im Uebrigen eben so wohl im noch flüssigen, sowie im eingetrockneten und wieder gelösten Milchsafte beobachten läßt.

Die zweite Art der Strömung des Milchsaftes geht nach Schultz ganz unabhängig von den äußeren Einflüssen vor sich und soll in einer dem Blute ähnlichen Rotationsströmung bestehen, weßhalb er für denselben den Namen Lebenssaft vindizirt. Nun haben aber die Beobachtung an durchsichtigen unverletzten Pflanzentheilen, welche Milchsaft führen, bewiesen, daß diese Bewegung gar nicht existirt, sondern der Milchsaft nur durch mechanische Ursachen in Bewegung gebracht wird, wie durch einen Druck oder durch Verletzungen. Wie schnell derselbe bei Wunden ausströmt, ist bei unseren Wolfsmilcharten, beim Löwenzahn, dem Schöllkraut eine allbekannte Erscheinung. Da die Milchsaftgefäße verhältnißmäßig weite, lange und ununterbrochene Gefäße sind, so ist das rasche Ergießen desselben aus der Wunde, bis er gerinnt, eine leicht erklärliche Erscheinung. Auch zeigt die Beobachtung eines unverletzten Blattes, in welchem der Milchsaft vollkommen in Ruhe ist, daß, sowie man dasselbe an seinem Grunde oder seiner Spitze durchschneidet, sogleich eine lebhafte Bewegung des Milchsaftes nach der Wunde hin eintritt.

Endlich besitzt nur ein kleiner Theil der höheren Gewächse Milchsaftgefäße, und die Nachweisung derselben in allen Pflanzen ist bis jetzt nur Schultz gelungen, so daß wir die ganze schöne Theorie, welche den Pflanzen ein Blutsystem ähnlich den Thieren zubrachte, als in jeder Hinsicht unbegründet ansehen können.

Da der Milchsaft selbst durch seinen Kautschukgehalt gegenwärtig eine so überaus wichtige Rolle im menschlichen Haushalt spielt, so wollen wir demselben hier noch einige Worte widmen. Wie wir schon bemerkten, ist es eine Substanz der mannigfachsten Zusammensetzung, und es ist nicht selten, daß er bei ganz nahe verwandten Pflanzen, bei der einen, wie bei unserer Lactuca virosa, furchtbar giftig, bei der andern, wie bei unsern Salatarten, ganz unschuldig ist. Die Pflanzen, welche Milchsäfte in größerer Menge führen, so daß sie zur Kautschuckbereitung verwendet

Digitized by Google

werden können, gehören alle der tropischen Zone an. In kältere Klimate oder in unsere Treibhäuser verpflanzt, bilden sie den Milchsaft nicht mehr in solcher ungeheuren Menge, oder es bilden sich wohl derartige Säfte, die aber viel ärmer an Kautschuk sind. Im Vaterlande der Kautschukbäume werden die verschiedenen Arten dieses Stoffes gemeiniglich auf eine sehr einfache Art und Weise gewonnen, indem man tiefe Einschnitte in die Rinde der Bäume macht, worauf der weißliche Saft in reichlicher Menge hervorquillt. Noch flüssig wird er auf Formen von ungebranntem Thon gestrichen, worauf die wässerigen Theile theils in den Thon dringen, theils verdunsten und der Kautschuck, namentlich wenn er beim Feuer getrocknet wird, eine schwärzliche Farbe annimmt.

Wegen des Nutzens oder der giftigen Eigenschaften ihrer Milchsäfte sind allgemein bekannt: der Federharzbaum (Siphonia elastica), ein Baum aus der Familie der Urticeen, welcher Südamerika bewohnt und das ächte Federharz liefert. Die Mangoc-Wurzel (Jatropha Manihot) enthält einen sehr giftigen Milchsaft und daneben liefert sie einen der wichtigsten Nahrstoffe für die Tropenländer, das Cassavemehl. Durch Pressen und Dörren wird der heftige Giftstoff, den die Indianer zum Vergiften ihrer Pfeile benutzen, entfernt. Als fürchterliche, mit den genannten zur gleichen Familie gehörige Giftpflanzen sind mehrere Arten von Euphorbia mit saftigen Stengeln, die Hippomane Mancinella, der man sich an heißen Tagen nicht einmal nahen darf, und viele andere bekannt.

Ein Ostindien bewohnender Baum aus der Familien der Sapotaceen, die Isonandra Gutta, liefert als Produkt ihres Milchsaftes die in der neuesten Zeit so mannigfach verwendete Gutta percha. Aus dem Milchsaft vieler Pflanzen der nahe verwandten Apocyneen, wie aus Echites suberecta, Strychnos toxifera, bereiten die Einwohner Südamerikas die furchtbarsten Pflanzengifte, welche in einigen Minuten unfehlbar tödten.

Die große Gattung der Feigen (Ficus) besitzt eine Menge von Arten, deren Milchsäfte verschiedene Sorten von Kautschuk liefern, so in Ostindien die wegen ihrer schönen Blätter in unsern Warmhäusern sehr häufig kultivirten Ficus elastica, religiosa u. a. m. Der nah verwandte Kuhbaum Südamerikas (Galactodendron utile) liefert bei Einschnitten eine süße, der thierischen Milch ähnlich schmeckende Flüssigkeit, und ein anderer ebenfalls verwandter Baum Ostindiens, die Antiaris toxicaria, liefert das berüchtigte Upas Ostindiens, früher allgemein zum Vergiften der Pfeile verwendet.

Wir haben somit den Milchsaft als einen Stoff kennen gelernt, der in ganz eigenthümlichen Gefäßen von der Pflanze abgelagert wird, der in seiner Mehrheit außer Kautschuk scharfe Gifte enthält, nachweislich in keiner Beziehung zur Ernährung der Pflanzen steht und also als Secret in die gleiche Klasse mit dem Harz ꝛc. zu stellen ist.

Zu den Secretionserscheinungen gehört endlich noch die Interzellularsubstanz, deren wir S. 62 gedachten; ferner die Bildung des Oberhäut-

Digitized by Google

chens (S. 71), die Ausscheidung von Luft in Interzellulargänge (woraus die Luftgänge S. 62 entstehen) oder in besondere Organe, wie in die blasenförmigen Gebilde der Blätter der Utricularia (S. 21, Fig. 11 e), und die Ausscheidung anorganischer, die Oberfläche mancher Pflanzen überdeckender Stoffe, sowie von Kalk bei den Chara-Arten, von Salz bei den Steppenkräutern ꝛc.

Die letzte Form der Secrete ist die Ausscheidung tropfbaren Wassers. Diese findet entweder in besondere Organe statt, wie in die Schläuche von Nepenthes (Fig. 11 d), so lange dieselben noch mit ihrem Deckel fest geschlossen sind, oder sie tritt auch bei üppig wachsenden Pflanzen an die Stelle der Verdunstung, wenn äußere Verhältnisse solche hindern. Sie findet sich besonders bei den Blättern, wo Gefäßbündel gegen deren Rand hin ausmünden, also an den Spitzen und Kerbzähnen derselben.

In Warmhäusern beobachtet man eine derartige Wasserausscheidung an vielen Aroideen, in freiem Lande z. B. sehr häufig des Morgens an dem indischen Cannarohr, als eine Folge der unterdrückten Ausdünstung der Nacht. Diese Ausscheidung kommt aber überhaupt während des Vorsommers bei üppig wachsenden Pflanzen aller Art viel häufiger vor, als man gemeiniglich anzunehmen pflegt.

§ 27. Bildung der Farben.

Wir haben die Bildung des Chlorophylls und der Farbstoffe schon S. 89 einläßlicher betrachtet und gesehen, daß all unser Wissen in dieser Beziehung eigentlich nur auf Vermuthungen beruht. Die wenigen direkten Beobachtungen sind immer noch verschiedenartiger Deutung fähig. Wir folgten den Angaben von Martens, weil diese für uns die meiste Wahrscheinlichkeit hatten, nicht aber weil wir sie als erwiesen betrachten. Im Nachfolgenden wollen wir eine kurze Uebersicht der Erscheinungen geben, welche die Farbbildung begleiten und daraus die Nutzanwendungen für das Gartenwesen ziehen.

Auf die mehr oder weniger intensive Ausbildung der Farben zeigen Licht und der Vegetationszustand der Pflanzen den bedeutendsten Einfluß.

Die Bildung des Blattgrünes erfolgt stets nur unter Einwirkung des Lichtes oder, was das Gleiche ist, unter Aufnahme von Kohlensäure und Abgabe von Sauerstoff. Wie groß jedoch die Lichtmasse sein muß, um eine freudig grüne Farbe hervorzurufen, ist nach den verschiedenen Pflanzen sehr verschieden. Die einen erfordern hierzu die volle Einwirkung des Sonnenlichtes, andere, wie alle Schattenpflanzen, manche in Höhlen lebende Moose u. s. f. bedürfen dazu eines gebrochenen Lichtes, ja die eigenthümliche liebliche stahlblaue Färbung der Selaginella uncinata (caesia) bildet sich nur im stark gebrochenen Lichte aus.

Pflanzen, die das helle Sonnenlicht zur Entwickelung eines intensiven Grüns bedürfen, verlieren dasselbe im Schatten, werden im Halbdunkel gelbgrün und ganz ins Dunkle gestellt bilden sie gelbliche oder fast farblose Triebe. Es ist dieses eine bekannte Erscheinung, und wir wollen in dieser

Digitized by Google

Beziehung nur an Pflanzen erinnern, die im dunkeln Keller oder Gewölben Triebe gebildet oder wie schnell die Farbe des freudig grünen Rasens ausbleicht, wenn ein Brett oder anderer Gegenstand einige Zeit auf der Rasenfläche gelegen hat. Der Gärtner benutzt diese Wahrnehmung z. B. zum Bleichen des Endiviens durch Zusammenbinden seiner Blätter oder durch Einschlagen desselben in Gruben oder in Keller und zu andern ähnlichen Manipulationen.

Auch die Entwickelung der Blumenfarben wird im hellen Lichte am schönsten und intensivesten, wenn gleich sich die Blumenfarben auch im Dunkeln ausbilden können. Daß aber die Lichtmasse einen bedeutenden Einfluß auf die kräftige Farbenbildung zeigt, geht z. B. daraus hervor, daß das herrliche Roth der Alpensilene (Silene acaulis), der Saponaria ocymoides u. a., ferner das tiefe Blau der Gentiana bavarica in der Ebene nie jenen Grad der Farbenfülle wie in den Bergen erreicht. Ebenso bilden sich unter dem tiefblauen Himmel der Tropen die feurigsten rothen Farben aus, wie sie unser Klima nicht entwickelt.

Ein Engländer, Hunt, hat in neuerer Zeit vielfache Versuche über die Einwirkung des Lichtes auf die Pflanzen überhaupt gemacht. Er nimmt an, daß das gewöhnliche weiße Licht, aus je hundert Theilen Licht, Wärme und Actinismus bestehe. Unter Licht versteht derselbe alle einem gesund gebildeten Auge erkennbaren Strahlen, welche dem gelben oder leuchtenden Strahl des prismatischen Spectrums entsprechen; unter Wärme alle die aufs Thermometer influirenden und überhaupt dem rothen Strahle entsprechenden Strahlen; unter Actinismus endlich versteht er das Prinzip oder die Kraft der chemischen Wirkung der Sonnenstrahlen auf den pflanzlichen Organismus, welches dem blauen oder violetten Strahl entspricht.

Stellt man, um den Einfluß dieser verschiedenartigen, dem Lichte innewohnenden Grundprinzipien zu ermitteln, Versuche mit gefärbten Gläsern an, durch welche man die Lichtstrahlen gehen läßt, so ist es zwar nicht möglich, die Einzelwirkung jedes dieser einzelnen Prinzipien zu erhalten, doch zeigt die Prüfung, daß gelbe Gläser die meisten leuchtenden Strahlen und die geringste Menge Actinismus, ferner blaue Gläser die größte Menge des actinischen und rothe Gläser die größte Menge des wärmenden Prinzips durch sich gehen lassen.

Die Pflanzen grünten nun unter gelben, blauen und grünen Gläsern, die einen unter diesen, die andern unter jenen schneller. Am langsamsten ging das Grünen unter Gläsern von rother Farbe vor sich. Wurden die gelben und blauen Gläser so eingerichtet, daß die ersteren das actinische, die letzteren das leuchtende Prinzip so viel als möglich abhielten, so wollten die Pflanzen nicht grünen. Es resultirte mithin aus diesen Versuchen, daß die Bildung des Blattgrüns unter der kombinirten Wirkung des leuchtenden und actinischen Prinzipes vor sich geht, und daß jedes dieser beiden für sich allein keinen Einfluß auf das Grünen der Pflanze zeigt. Ebenso zeigen die wärmenden Strahlen keinerlei Einfluß auf das Grünen, und sowie die einen Pflanzen im hellen Sonnenlicht, die andern im Halbschatten oder Schatten das freu-

Digitized by Google

digste Grün zeigen, ebenso grünen sie auch bald unter Vorwaltung des leuchtenden, bald unter Vorwaltung des actinischen Prinzipes besser.

Außer dem Licht zeigt aber auch der Vegetationszustand der Pflanze einen ziemlich bedeutenden Einfluß auf die Ausbildung der Farben. Nur eine durchaus gesunde, kräftig vegetirende Pflanze wird ein lebhaftes Grün oder die vollständig ausgeprägte Färbung der Blumen zeigen. Bei kränklichen Pflanzen zeigen sich gemeiniglich die ersten Spuren der Krankheit an der minder freudig grünen, später beim Fortschreiten der Krankheit an der mehr gelblichen Färbung des Laubes. Besonders auffallend ist dieses bei allen immergrünen Pflanzen, welche ihr festeres Laub mehrere Jahre behalten. So z. B. deutet die gelbliche Färbung des Laubes stets den schlechten ungeeigneten Kulturzustand an, in welchem sich der Orangenbaum, das Heidekraut, die Camellia und eine Menge anderer ähnlicher Pflanzen befindet. Man bezeichnet diesen Krankheitszustand, der in ungeeigneter Erde oder in Verderbniß der jüngsten Wurzeln seine Ursache hat, durch Gelbsucht.

Eine andere, bei manchen Pflanzen ziemlich konstant auftretende Umbildung des grünen Farbstoffes in einzelnen Partieen oder auch vom ganzen Blatte zur mehr gelblichen, weißlichen, röthlichen oder dunkeln Färbung bemerken wir bei den so beliebten buntfarbigen Blättern, welche wir als geaderte, gefleckte, gestreifte, punktirte Blätter ꝛc. unterscheiden. Diese eigenthümliche Färbung des eigentlich grünen Blattes wird von den verschiedenen Physiologen als eine Krankheitserscheinung gedeutet. Die Erfahrung hat nun gezeigt, daß die in dekorativer Beziehung in unsern Gärten so beliebten Abarten mancher Pflanzen mit bunten Blättern bald bei der Anzucht aus Samen zufällig entstehen und dann der ganzen Pflanze eigen sind, oder daß sie bei Sträuchern und Bäumen oft zufällig an einzelnen Aesten sich erzeugen. Im ersteren Falle tritt die Blattfärbung für das ganze Individuum konstant auf, im zweiten Falle gelingt es gemeiniglich, diese Eigenthümlichkeit zu fixiren, indem man den betreffenden Ast abschneidet und ihm als Edelreis oder Steckling eine individuelle Entwickelung verschafft. So ist z. B. die Blutbuche nur eine aus Samen entstandene Abart der gemeinen Buche, welche sich sogar aus Samen fortpflanzt; so gelang es dem Verfasser, eine große Menge von Spielarten mit verschiedenartig geaderten und gefärbten Blättern von Nægelia zebrina und Tydæa picta zu erziehen, so sind die schönen buntblättrigen Formen der Stechpalme (Ilex), des Evonymus japonicus, unser gewöhnliches Bandgras und vieler anderer Pflanzen theils zufällig aus Samen, theils aus zufällig umgebildeten Aesten erzogen worden. Die auf die erstere Art gewonnenen Abarten behalten, als Individuum fortgepflanzt, diese Eigenthümlichkeit sehr konstant bei, so die Blutbuche, die Nägelien ꝛc. Die auf die letztere Art gewonnenen Abarten schlagen dagegen häufig wieder zur grünblättrigen Stammform zurück, so z. B. der Sadebaum (Juniperus Sabina) mit weißgescheckten Blättern, die Abarten des Evonymus japonicus ꝛc., und der Gärtner muß von solchen immer mit besonderer Vorsicht solche Aeste

Digitized by Google

zur Fortpflanzung wählen, welche jene Eigenthümlichkeit am schärfsten und konstantesten ausgebildet zeigen.

Für eine Krankheitserscheinung können wir jedoch im Allgemeinen die Entstehung bunter Blätter nicht halten, namentlich zeigen alle derartigen nachweislich aus Samen entstandenen Abarten durchaus den gleichen normalen Entwickelungsgang und die gleiche Ueppigkeit des Wuchses, wie die grünen Stammarten, weßhalb sie durchaus in die gleiche Reihe mit Abarten zu setzen sind, die sich durch verschieden gefärbte Blumen auszeichnen. Um zu entscheiden, ob vielleicht im Gegensatz die aus einzelnen Zweigen fixirten Formen ein anderes Verhältniß zeigen und darum richtiger als fixirte Krankheitserscheinungen zu betrachten wären, müßten wir erst den sichern Nachweis haben, welchen dieser Formen eine solche Entstehungsart zukommt, ein Nachweis, der bis jetzt nur für einzelne derartige Formen geleistet ist, die auch in ihrem spätern Verhalten eine größere Unbeständigkeit, oder mit andern Worten die Neigung zeigen, in ihren kräftig wachsenden Theilen zur grünen Stammform wieder zurückzukehren. Endlich ist noch zu bemerken, daß es eine große Zahl von Pflanzen gibt, welche normal keine grüne Blattfärbung zeigen, so die rothe Gartenmelde, Dracæna ferrea ꝛc., und wieder andere, die normal gefleckte und gestreifte Blätter besitzen, so viele Maranta-Arten, Begonien, Aroideen und viele andere, die wegen dieser Eigenthümlichkeit als beliebte Dekorationspflanzen vielfach in unsern Gärten kultivirt werden.

Eine dritte Reihe der Umbildung des grünen Farbstoffes der Blätter in Gelb oder Roth tritt endlich mit dem dahinsterbenden Leben zu der Zeit ein, wenn die Blätter auch im hellen Licht nur noch Sauerstoff aufnehmen.

Eine Abwägung dieser Thatsachen führt zu dem Schluß, daß die Bildung des grünen Farbstoffes nicht bloß eine Folge der Einwirkung des leuchtenden und actinischen Prinzips des Lichtes, sondern ebensowohl eine Folge des normalen kräftigen Lebensprozesses ist. Wird dieser in irgend einer Weise gestört oder stirbt die Pflanze und deren einzelne Organe natürlich ab, so hört nicht nur die Neubildung grünen Farbstoffes auf, sondern es wird zugleich auch der schon gebildete verändert. Es führt uns dieß zur Ansicht Mulder's: daß die Blätter die Kohlensäure im Lichte nicht deßhalb aufnehmen, weil sie grün sind, sondern während sie grün werden. In ihren Wurzeln kranke oder unvollkommen ernährte Pflanzen, welche die Gelbsucht bekommen, fallen höchst wahrscheinlich auch im Lichte der Aufnahme von Sauerstoff anheim. Das Gelbwerden früher grüner Blätter ist höchst wahrscheinlich die Folge eines fortdauernden Oxidationsprozesses.

Greifen wir schließlich auf die S. 89 besprochene Ansicht von Martens zurück, welcher die grüne Farbe durch die Mischung der zwei von ihm angenommenen Grundfarben, des Gelb und Blau entstehen läßt, so würde es die blaue Farbe sein, welche bei Krankheitserscheinungen sich nicht ausbildet oder welche beim dahinsterbenden Leben verändert

Digitized by Google

wird, während die gelbe Grundfarbe als die konstantere bleibt oder nach Roth übergeht.

Diesem analog ist auch bei Blumen die blaue Farbe im Allgemeinen die am wenigsten konstante. Aus Pflanzen mit blau gefärbten Blumen gehen am leichtesten Abarten mit weißen (ungefärbten) Blumen hervor. Beim Trocknen der Blumen im Herbarium ist es die blaue Farbe, welche sich am wenigsten beständig zeigt und gemeiniglich ganz ausbleicht. Endlich gehört hierher auch noch eine Beobachtung, die ich an Samenpflanzen der blauen Trevirania longiflora machte, von der bekanntlich auch eine weiße Abart existirt. Sämlinge, die aus der Befruchtung der weißen Spielart mit der blauen Stammart entstanden waren, blüheten im Spätherbst weißlich mit schwacher blauer Nüancirung. Im nächsten Sommer zeigten sie aber ohne Ausnahme wieder eine lebhaft blaue Farbe. Dieses Ausbleichen der blauen Farbe war hier wohl Folge der kurzen Tage des Herbstes, sie ward von mir aber nur bei Samenpflanzen im ersten Jahre beobachtet, wo sich die ihnen eigenthümliche Farbe noch nicht entwickeln konnte; bei aus Knollen erzogenen Pflanzen zeigte sie sich nie.

Das mannigfache Farbenspiel, welches die gleiche Pflanzenart bei der Anzucht aus Samen in Bezug auf ihre Blumen oft zeigt, ist bei vielen unserer Zierpflanzen, so bei der Aurikel, der Chineseraster u. a. m. bekannt genug. Dagegen verhält sich die Blumenfärbung für das Individuum im Allgemeinen ziemlich konstant. Ein Wechsel der Blüthenfarbe tritt im Allgemeinen nur in doppelter Richtung ein, indem einerseits einfarbige Blumen beim Aufblühen eine andere Färbung als beim Abblühen zeigen, was eine mit dem Vergelben der abfallenden Blätter identische Erscheinung ist *. So bleichen dunkelblaue Blumen gegen das Verblühen immer mehr aus, gelbe Blumen werden blasser oder später mehr röthlich ꝛc. — Die zweite Form der Veränderung der Blüthenfarben beim gleichen Individuum kommt nur bei mehrfarbigen Blumen vor, welche auch in Folge fortgesetzter Fortpflanzung durch Knospen häufig einfarbig werden und in die eine oder andere ihrer Grundfarben zurückschlagen. Bekannt ist diese Erscheinung bei den Dahlien, deren bunte Abarten immer unbeständig sind und an der gleichen Pflanze oft bunte und einfarbige Blumen von verschiedener Grundfarbe tragen. Ganz eigenthümlich zeigt sich in dieser Beziehung auch die Tulpe. Allgemein bekannt ist es von derselben, daß deren schön buntfarbigen Abarten jährlich aus dem Boden genommen werden müssen, wenn sie ihre Farben erhalten sollen. Werden sie im Boden gelassen, so schlagen sie nach einigen Jahren zu einfarbigen Spielarten zurück. Gewöhnliche Brutzwiebeln dieser Pflanze zeigen die Färbung der Mutterpflanze. Die kleinen am Stengel entstandenen Brutzwiebeln und Samen-

* Daß gefärbte Blumen in allen Perioden ihrer Entwickelung nur Sauerstoff aufnehmen, ist eine allgemeine Annahme. Spezielle Beobachtungen liegen darüber nicht vor. Die Veränderung der Farben, die Bildung des blauen Farbstoffes ꝛc. machen es aber dem Verfasser wahrscheinlich, daß die Blumenblätter in der ersten Periode ihrer Entwickelung vielleicht auch Kohlensäure aufnehmen.

Digitized by Google

pflanzen dagegen blühen in den ersten Jahren stets einfarbig, und erst in den spätern Jahrgängen zeigen sich die ihnen eigenthümlichen bunten Farben. Es erklären sich diese Eigenthümlichkeiten durch Vorwaltung des Wachsthums in das Kraut sowohl in den ersten Jahren, sowie wenn die Zwiebel ganz im Boden bleibt, wodurch der Blume, wie es scheint, einzelne zur Farbenbildung nothwendige Stoffe entzogen werden. Dem analog zeigt z. B. eine Tulpe, die im Winter durch Einfluß so starker Hitze getrieben wird, daß ihre Wurzeln verbrennen, nur einfarbige grünliche Blumen. Auch die oben erwähnten Dahlien erhalten ihre bunte Färbung viel konstanter, wenn man ihre Entwickelung in der Weise leitet, daß ihr allzu üppiges Wachsthum gemäßigt und den Blumen verhältnißmäßig mehr Nahrung zugeführt wird. Dieß geschieht durch starke Theilung der Knollen oder Fortpflanzung durch Stecklinge, wobei nur ein einziger Stengel stehen bleibt und die Pflanze weniger, aber vollkommnere Blumen entwickelt. Aeltere Sorten, die in starken ungetheilten Knollen gepflanzt werden, schlagen nicht nur bald in eine einfarbige Grundfarbe zurück, sondern verlieren auch ihren schönen Bau oder Füllung. Aehnliche Erscheinungen werden überall beobachtet, wo grelle Gegensätze in der Farbe vorkommen. So zeigt z. B. eine Rebsorte, der Gutedel mit halb grünen, halb blauen Beeren, oft an der gleichen Traube einfarbige blaue, grüne und halb und halb gefärbte Beeren, oder es schlägt auch wohl eine mißfarbne Traube in einzelnen Trauben, in die Farbe der Stammart zurück.

Wir sehen somit eine scheinbar zufällige Veränderung der Färbung des Individuums nur dann auftreten, wenn zu dem Wechsel schon die Anlage gegeben ist und durch den Vegetationszustand auf kräftige Ausbildung der einzelnen Farbstoffe oder auf deren Zurückgehen eingewirkt wird. Es haben also auch hier die Veränderungen der Färbung ihre ganz bestimmten Ursachen, und wir können somit die Färbung als tief mit dem individuellen Entwickelungsgange des Pflanzenorganismus verbunden, oder mit andern Worten als eine dem Individuum eigenthümliche Entwickelungsweise betrachten, welche auch auf die folgenden Generationen durch Fortpflanzung der Knospen übergetragen wird.

Der Gärtner hat bis jetzt nur ein Mittel an der Hand, durch welches er auf die Veränderung der Farbe mit Sicherheit hinwirken kann, wir werden dieses bei der künstlichen Befruchtung kennen lernen. Im Uebrigen kann durch vollkommnen Vegetationszustand und zweckmäßigen Standort auf kräftige Ausbildung der Farben, sowie durch Mäßigung des Wachsthums auf Erhaltung des bunten Farbenspiels hingewirkt werden. Eine Einwirkung auf Veränderung der Farbe durch Erde und Guß ist bis jetzt nur in einem Falle gelungen, wir meinen die allbekannte Umänderung der rothen Farbe der Hortensienblumen zur blauen. Hier wird sie durch Beimischung von Eisentheilen, Anwendung einer an Eisenoxyd reichen Erde, Beimischung von Alaun zur Erde oder Guß mit Alaunwasser, Verwendung von Erde, wo Meiler gebrannt wur-

Digitized by Google

den ꝛc., bewirkt und scheint in allen diesen Fällen auf Ueberführung basischer Stoffe in der Pflanze zu beruhen, wodurch die rothe Farbe entsäuert und in Folge dessen blau wird. Aehnliches ist aber trotz vielfacher Versuche noch bei keiner andern Pflanze gelungen, und wir können daher von diesem einen Beispiel nicht auf andere Fälle zurückschließen, sondern müssen annehmen, daß eine eigenthümliche Zusammensetzung des Farbstoffes der Hortensie dieses Experiment möglich macht.

In neuester Zeit hat man den Versuch gemacht, durch Bedeckung des Bodens mit Kohle auf intensivere Färbung der Blumen zurückzuwirken. Solche trat wirklich auch bei manchen rothen Blumen ein und dürfte einfach durch kräftigere Vegetation in Folge lebhafteren Eindringens der Luft in den Boden vermittelt werden. Solch eine Bedeckung verhindert nämlich stets die Bildung einer Kruste der obersten Erdschichten.

Auf den Einfluß farbiger Gläser aufs Pflanzenleben werden wir bei Besprechung des Einflusses des Lichtes überhaupt näher eintreten.

§ 28. Wärmeentwickelung.

Die Frage, ob die Pflanzen eine eigene Wärme besitzen, ist sehr verschiedentlich beantwortet worden. Der erste, der die Ansicht vertheidigte, daß den Pflanzen eine Eigenwärme zukomme, war Meyen, und die neuern Beobachtungen haben diese Ansicht vollständig bestätigt. Diese Wärmeentwickelung steht stets im innigsten Verhältniß zu der Lebensthätigkeit der Pflanze und wird daher auch im höchsten Grade in allen den Organen beobachtet, wo sich die Energie der Lebensthätigkeit am höchsten steigert, so in den wachsenden Stamm- und Wurzelspitzen, den Blumen und bei den keimenden Samen.

Die frühesten Beobachter wählten gerade den ungeeignetesten Theil der Pflanze, um eine Wärmeentwickelung derselben nachzuweisen, nämlich den Stamm. Wir wollen im Folgenden eine kurze Uebersicht der Beobachtungen überhaupt, je nach den verschiedenen Pflanzentheilen, geben.

a. Beobachtungen über Eigenwärme des Stammes.

Es ist die Eigenwärme des Stammes lange Zeit ein Gegenstand des lebhaftesten Streites zwischen den verschiedenen Beobachtern gewesen. Um in dieser Hinsicht Aufschluß zu verschaffen, bohrte man die Baumstämme an, senkte Thermometer in die Bohrlöcher und maß die Unterschiede mit der atmosphärischen Luft. Die umfassendsten und genauesten Versuche wurden in dieser Richtung erst von Schübler angestellt. Nach diesen zeigen die Bäume unseres Klima's in ihrem Innern eine veränderliche Temperatur, die bei dicken Bäumen im Winter höher, im Sommer niedriger als die umgebende Atmosphäre ist. Dünne Bäume zeigen im Sommer jedoch zuweilen höhere Temperaturgrade im Stamme, als die umgebende Luft. Das Steigen und Fallen der Temperatur des Stammes richtet sich nach dem Steigen und Fallen der Temperatur der Atmosphäre,

Digitized by Google

und wenn gleiche Temperaturgrade lange anhalten, so gleicht sich die Temperatur beider bis auf geringe Differenzen aus. Es kann hier also nicht von einer Eigenwärme die Rede sein, sondern es erklären sich diese Erscheinungen dadurch, daß der von den Wurzeln emporgeführte Saft die gleichen Temperaturgrade wie die Erde zeigt, welche in gewisser Tiefe im Sommer eine niedrigere, im Winter eine höhere Temperatur als die Atmosphäre besitzt. Da nun das Holz nur seiner Länge nach ein guter, im Queerverlauf aber ein sehr schlechter Wärmeleiter ist, so muß sich immer eine bestimmte Differenz zwischen dem Innern des Stammes und der umgebenden Luft zeigen. Bei dünnen Bäumen wird dieß in viel geringerem Verhältniß als bei dicken Bäumen der Fall sein, ja wenn ihr Stamm von der Sonne getroffen wird, können sie mitunter eine viel bedeutendere Wärme als die umgebende Luft zeigen. Daß die Bodenwärme einen sehr wichtigen Einfluß auf Wachsthum und Saftzirkulation ausübt, das ist eine jedem Gärtner zur Genüge bekannte Eigenschaft.

b. Wärmeentwickelung der grünen vegetirenden Pflanzentheile.

Die Untersuchungen der Art sind an und für sich viel schwierigerer Natur, als die vorhergehenden. Man kann sich dazu nur der empfindlichen Thermometer oder thermoelektrischer Apparate bedienen. Außerdem ist noch eine andere Schwierigkeit zu beseitigen, nämlich die stete Erniedrigung der Temperatur, welche alle wachsenden Pflanzentheile durch die fortwährende Aushauchung von Wasserdünsten erleiden. Hierdurch wird Wärme fortwährend gebunden, und so kommt es, daß alle grünen Pflanzentheile unter gewöhnlichen Verhältnissen eine niedrigere Temperatur als die umgebende Atmosphäre zeigen. Es müssen daher Pflanzen, an denen solche Versuche gemacht werden sollen, unter den Einfluß einer feuchten Luft gebracht werden, welche die Verdunstung aufhebt. Dutrochet und Becquerel gebührt das Verdienst, in dieser Beziehung die ersten genauen Versuche angestellt zu haben, und namentlich der erstere war es, der mit Hülfe eines thermoelektrischen Apparats für die wachsenden Pflanzentheile eine Eigenwärme nachwies, die um $^1/_4$ bis $^1/_3$ ° höher steht als die Wärme der Atmosphäre. Am lebhaftesten ist diese Wärmeentwickelung in den wachsenden Spitzen während der Mittagsstunden, bei Nacht verschwindet sie. Es kann sich diese Wahrnehmung nur dadurch erklären, daß mit der Bildung neuer organischer Substanz durch Umbildung von tropfbarer Flüssigkeit und Gasen eine Wärmeentwickelung verbunden ist.

c. Wärmeentwickelung der Blumen.

Die Entwickelung einer Eigenwärme einzelner Blumen ward schon 1777 von Lamark an Arum italicum entdeckt und war seit jener Zeit der Gegenstand der eifrigen Nachforschungen der Physiologen. In besonders hohem Grade zeigt sich diese Wärmeentwickelung an den Staubfäden zur Zeit, wenn der Pollen reift, und im geringeren Grade auch an den Pistillen. Gemessen und beobachtet ward dieselbe vorzüglich an

Digitized by Google

den Blumen der Aroideen, wo bekanntlich sehr viele Blumen um einen Kolben (vergl. Fig. 13 d) sitzen, der von einer eigenthümlichen trichterförmigen Scheide umgeben ist. Nach Dutrochet steigt bei Arum maculatum diese Wärmeentwickelung auf 11 bis 20° über die Lufttemperatur. Noch im höhern Grade findet dieselbe nach den Beobachtungen von Brognart, Van Beck und Bergsma bei den Blumen von Colocasia odora statt. Bei 21° Lufttemperatur stieg hier die Wärme der Staubfäden bis auf 23°. Nach den Untersuchungen von Prolik und Briese, welche ähnliche Resultate erhielten, stieg die Wärme bei der gleichen Pflanze in den Nachmittagsstunden zwischen 2 und 5 Uhr aufs Maximum, Brognart dagegen beobachtete 5 Uhr Morgens und Haßkarl auf Java unmittelbar nach Sonnenaufgang das Maximum der Wärme. Nach Dutrochet trat es bei Arum maculatum in den Vormittagsstunden und nach Sennebier Abends 6 Uhr ein. Es scheint somit, je nach dem Vegetationszustand, das Maximum der Wärme zu verschiedenen Zeiten während des Tages einzutreten, während der Nacht sinkt jedoch die Temperatur stets bedeutend herab.

Bei den Aroideen wurden an Arum Dracunculus, Caladium viviparum, Calla æthiopica u. a. noch von mehreren andern Beobachtern ähnliche Resultate bekannt gemacht. Außerdem ist diese Wärmeentwickelung bis jetzt nur bei wenigen anderen Blumen bekannt, so bei den Blumen des Kürbis, bei Cereus grandiflorus, wo sie die Lufttemperatur um 2° übersteigt, und bei Victoria regia, wo nach den Beobachtungen Caspary's das Maximum der Differenz von der Lufttemperatur 11° R. und von der des Wassers 6° R. betrug. In diesem letzteren Falle ward bestimmt nachgewiesen, daß nur die Antheren die Quelle der Wärme waren.

Diese sehr bedeutende Wärmeentwickelung ist lediglich die Folge einer bedeutend gesteigerten Aufnahme von Sauerstoff und Abscheidung von Kohlensäure, also eines Verbrennungsprozesses. Schon Saussure zeigte, daß der Kolben von Arum maculatum, nachdem die Erwärmung vorüber, in 24 Stunden nur das Fünffache seines Volumens an Sauerstoff aufnahm, während der mit Blüthen besetzte Theil des Kolbens während der Erwärmung das Hundertzweiunddreißigfache seines Volumens an Sauerstoff verzehrte. Auch Prolik und de Briese zeigten, daß die Kolben einer in eine reine Sauerstoffatmosphäre gebrachten Blume der Colocasia odora eine höhere Wärme als in gewöhnlicher Luft annahmen, und daß in einer Stickstoffatmosphäre gar keine Wärmeentwickelung mehr stattfand.

Hieraus geht klar hervor, daß jene Wärmeentwickelung durchaus von der Aufnahme von Sauerstoff abhängig ist, wenn gleich ihr ursächlicher Grund auf einer bedeutenden Steigerung des Lebensprinzipes zur Zeit der Befruchtung der Blume basirt. Sie gehört somit zur Reihe jener Erscheinungen, die wir wohl in ihren Aeußerungen wahrnehmen, sowie auf ihre unmittelbare Veranlassung zurückführen können, ohne jedoch damit die ganze Erscheinung überhaupt erklären zu können, wenn

Digitized by Google

wir nicht auf ein der Pflanze innewohnendes lebendiges Prinzip zurückgreifen.

d. Wärmeentwickelung der keimenden Samen.

Aus der ganzen Reihe der angeführten Erscheinungen ist dieses die bekannteste von allen, so z. B. bei der Gerste, welche man behufs des Malzens massenhaft aufgeschichtet ankeimen läßt. Es findet hier, wie bei allen unter ähnlichen Verhältnissen keimenden Samen, eine Temperaturerhöhung statt, welche die der Luft um 5 bis 25 ° übersteigt. Daß diese Wärmeentwickelung nicht die Folge eines Gährungsprozesses ist, sondern Folge der fortwährenden Aufnahme von Sauerstoff und Ausscheidung von Kohlensäure, so wie die im Innern des Samens mit der größten Lebhaftigkeit vor sich gehenden Zersetzung von Stärke, Oelen ꝛc. auftritt, zeigte zuerst Göppert auf eine unwiderlegliche Art und Weise.

§ 29. Lichtentwickelung.

Die Lichterscheinungen, welche unabhängig von der Wärmeentwickelung auftreten, werden beobachtet an Blumen, an den wachsenden Spitzen einzelner Pflanzen und an abgestorbenen Pflanzentheilen.

An Blumen ward ein blitzähnliches Leuchten in schwüler Gewitternacht zuerst an den Blumen von der Kapuzinerkresse (Tropæolum majus) von Linne's Tochter beobachtet. Später ward es nach Untergang der Sonne an heißen Tagen noch mehrfach an gelben, orangengelben und rothen Blumen beobachtet, so an der Feuerlilie, Calendula, Tagetes u. s. f. Eine Erklärung ist darüber noch nicht gegeben, am wahrscheinlichsten beruht es aber auf einer optischen Täuschung, wozu die lebhafte leuchtende Farbe jener Blumen in der Dunkelheit Anlaß geben mag.

Nicht zu verwechseln ist diese Erscheinung mit der Bildung einer brennbaren Atmosphäre, die durch Verdunstung flüchtiger Oele an heißen Tagen z. B. an dem Blüthenstand des Diptams (Diptamnus Fraxinella) entsteht. Bringt man einen brennenden Körper unterhalb den Blüthenstand, so entzündet sich eine lebhaft auflodernde Flamme unter Verbreitung eines aromatischen Geruches.

An lebenden Pflanzen ist ein intensives andauerndes Leuchten bis jetzt nur an den wachsenden weißlichen Spitzen eines ganz eigenthümlichen Pilzes, der Rhizomorpha subterranea beobachtet worden, die in feuchten Stollen mancher Bergwerke vorkommt. Das Leuchten rührt nach Unger von der äußeren Schicht des Zellgewebes her, welche aus engen gestreckten Zellen besteht, die durch eine reichliche Menge von Interzellularsubstanz mit einander verbunden sind.

Am bekanntesten ist das Leuchten von faulem Holze, namentlich dem der Weidenbäume, auch an faulen Kartoffeln ꝛc. Man schreibt dieses Leuchten gemeiniglich einem mit der Verwesung eintretenden eigenthümlichen Verbrennungsprozesse zu. Nach den neuesten Untersuchungen des Dr. J. F. Heller soll dieses Leuchten jedoch nicht die Folge der Verwesung des Holzes sein, sondern durch einen lebenden Pilz, ebenfalls

Digitized by Google

einer Rhizomorphe, bedingt werden. Dieselbe soll sich abschaben lassen, dann fortleuchten und selbst auf anderes Holz übertragen lassen. Nach der Entfernung des Pilzes leuchtet das Holz nicht mehr. Das Leuchten dieses Pilzes hängt vom Lebensprozesse desselben ab und hört sofort auf, sobald man ihn durch Einfluß von Hitze oder Gasen tödtet. Ebenso tritt die Erscheinung des Leuchtens nur bei bestimmten Graden von Feuchtigkeit ein, bei gänzlicher Trockenheit hört sie auf; auch hohe Wärmegrade zerstören das leuchtende Prinzip sogleich.

Fernere Beobachtung, namentlich chemische Untersuchung, ist zur weiteren Aufklärung wünschbar.

§ 30. Bewegungserscheinungen an ganzen Pflanzen und Pflanzentheilen.

Die Pflanzen entbehren jeder willkürlichen Bewegung gänzlich. Veränderungen ihres Standortes beruhen entweder auf Wachsthumsverhältnissen oder auf Zufälligkeiten. Ersteres ist z. B. bei allen frei im Wasser schwimmenden Pflanzen der Fall, welche jeder Strömung des Wassers folgend, oft auf weite Entfernungen fortgerissen werden, so wie ferner auch alle Pflanzen mit kriechendem Wurzelstock sich unter günstigen Verhältnissen auf oft weite Strecken nach allen Seiten ausbreiten können. Zufällige Veränderungen werden nur durch Wasser und Wind veranlaßt, welche bald ganze Pflanzen, bald Samen weit forttragen können. So steigen unsere Gebirgspflanzen längs der Bäche bis in die Ebenen hinab, so wird die Luft zum Träger der mit Federkronen versehenen Samen oder der mikroskopisch kleinen Sporen der niedrigeren Gewächse. Das merkwürdigste Beispiel der letzteren Art hat die Verbreitung der Kartoffelkrankheit mittelst der kleinen von der Luft für uns unsichtbar fortgetragenen Sporen des Pilzes (vergl. Fig. 41 c), der diese Krankheit veranlaßt, geliefert. In wenigen Jahren verbreitete sich lediglich durch diesen Einfluß jene Krankheit über den größten Theil unseres Erdballes.

Außer diesen durchaus zufälligen Ortsveränderungen gibt es noch eine Menge eigentlicher Bewegungserscheinungen, welche jedoch immer nur an einzelnen Organen beobachtet werden. Sie sind nicht als eine unmittelbare Aeußerung der Lebenskraft zu betrachten, sondern als die Folgen mechanischer, chemischer und physikalischer Einwirkungen. Sie treten daher unter gegebenen Verhältnissen auch konstant auf, besitzen keine Spur einer Willkürlichkeit, sondern werden immer von äußeren Verhältnissen beherrscht.

Die bekanntesten Erscheinungen in dieser Richtung lassen sich in zwei Klassen theilen, nämlich in solche, welche an todten oder wenigstens im Absterben begriffenen Pflanzentheilen vorkommen, so wie ferner in solche, die nur an lebenden Pflanzen vor sich gehen.

Die Bewegungen todter oder im Absterben begriffener Pflanzentheile entstehen in allen Fällen durch Vertrocknen einzelner Gewebsschichten. Hierdurch entsteht die Reihe jener Bewegungen, welche insofern

Digitized by Google

für das Pflanzenleben von Bedeutung sind, als sie es sind, welche die Fortpflanzung durch das Ausstreuen der verschiedenen Fortpflanzungsorgane vermitteln. Hierher gehört das bald elastische, bald allmälige Aufspringen der Sporenfrüchte der blüthenlosen Pflanzen, so wie das der Staubbeutel, der Früchte ꝛc., der blüthetragenden Pflanzen.

Vertrocknet nämlich ein Theil der Partieen des Gewebes, so zeigen die verschiedenen Elementarorgane ein verschiedenes Verhalten unter sich, indem sie, je dünner ihre Membran ist und je größer die Zellen sind, um so mehr zusammentrocknen. Das ungleichmäßige Zusammenziehen der verschiedenen Gewebsschichten wird beim Austrocknen noch dadurch vermehrt, daß auch das Austrocknen nur allmälig vor sich geht und so z. B. die einen Gewebspartieen noch mit Saft erfüllt sind und also ihre vollkommene Spannkraft noch besitzen, während andere schon vertrocknen und je nach ihrem Baue sich ungleichmäßig zusammenziehen. Auf diese Weise werden Krümmungen hervorgebracht, welche das Aufreißen der Früchte ꝛc. an bestimmten Stellen bewirken. Tritt dem der Austrocknung folgenden allmäligen Aufreißen solcher Organe ein äußeres Hinderniß entgegen, so erfolgt, sobald dieses Hinderniß später beseitigt ist, jenes elastische plötzliche Aufspringen der Früchte und anderer Organe.

Hierher gehört endlich auch die Reihe jener hygroskopischen Bewegungen, bei welchen bestimmte Pflanzentheile je nach dem Grad der Trockenheit ihrer Gewebsschichten verschiedene Stellungen einnehmen. So z. B. krümmt die Jerichorose (**Anastatica hierochuntica**) ihre Aeste spiralig aufrollend nach innen, so daß sie im ganz trocknen Zustande eine Kugel darstellt, sobald die Luft aber feuchter ist und das Gewebe wieder Feuchtigkeit auffaugt, breiten sich die Aeste wieder mehr oder weniger aus. Aehnliche Verhältnisse zeigen die Wedel der **Selaginella lepidophylla.** Die im trockenen Zustande schraubenförmig gewundenen Borsten der Früchtchen vom Storchschnabel (**Erodium gruinum**), die Strahlen des Blüthenkopfes der Wetterdistel (**Carlina acaulis**), die auch nach dem Feuchtigkeitsgrade der Luft verschiedene Stellungen annehmen, werden daher vielfach als einfachste Hygrometer benutzt u. s. w.

Viel schwerer zu verstehen und zu erklären sind die Bewegungen, welche wir an lebenden Pflanzentheilen wahrnehmen. So eigenthümlich dieselben oftmals auch auftreten, so erfolgen sie doch stets in einer ganz bestimmten Weise, unter gegebenen äußeren Verhältnissen. Es ist hier also keine Spur von Willkür, wie bei den thierischen Bewegungen, sondern es werden diese Bewegungen stets durch Einwirkungen von außen und bestimmten organischen Bau veranlaßt, — wenn gleich es noch nicht gelungen ist, dieselben für alle Fälle genügend zu erklären. Sie treten daher nicht als unmittelbare, sondern als mittelbare Folgen des in der Pflanze wohnenden Lebensprinzipes auf. *

* Es dürfte auf den ersten Blick auffallend erscheinen, daß der Verfasser, der so manche Lebenserscheinung der Pflanze nur durch eine spezifische Lebenskraft zu erklären für möglich hält, bei Erscheinungen, welche am allgemeinsten dazu gebraucht oder gemißbraucht wurden, der Pflanze ein lebendes Prinzip, ja selbst eine empfindende Seele zu

Digitized by Google

Die erste Reihe von Bewegungen lebender Pflanzen äußert sich in der Richtung ihres Wachsthums. Die Richtung, welche die Wurzel nach abwärts, der Stengel nach aufwärts nimmt, wird nicht bloß von der Einwirkung des Lichtes bedingt. Epiphytisch lebende Pflanzen, welche ihre Wurzel frei in die Luft entwickeln, senden diese dennoch abwärts, die Blätter und Stengel aufwärts und nur einige wenige, wie z. B. einige Gattungen von Orchideen (Stanhopea u. a.), senden auch ihre Blüthenschafte konstant abwärts. Samen, die man frei in der Luft aufgehängt oder im Wasser keimen läßt, richten ihre Wurzel nach unten, ihre Stengel nach oben; eben diese Eigenschaft zeigen auch, nach von mir angestellten Versuchen, verkehrt aufgehängte Pflanzen. Die Blätter kehren immer ihre obere Seite dem Lichte zu. — Wir gewöhnen uns an diese Erscheinung von Jugend auf, wir sind für das Wunderbare derselben abgestumpft und wir bedenken nicht, daß sie an sich eben so wunderbar als einzelne andere mehr vereinzelt dastehende Bewegungserscheinungen sind. Die Erklärung dieser konstanten Richtung verdanken wir erst Knight. Derselbe ließ Samen auf Rädern keimen, die in steter starker Umdrehung begriffen waren, und siehe, das Stengelchen derselben wendete sich gegen die Axe, das Würzelchen gegen die Peripherie des Rades. Damit war der Beweis geleistet, daß es das aus der Umdrehung unserer Erde resultirende Gesetz der Schwerkraft ist, welches die Richtung von Wurzel, Stengel und, wie spätere Versuche von Dutrochet zeigen, auch von dem Blatte bestimmen. Damit ist jedoch nur die Doppelrichtung der Pflanze, nicht aber die Eigenthümlichkeit des von der Erde bedeckten keimenden Samens erklärt, daß sich dessen Würzelchen so lange krümmt, bis es in die Erde hinabwächst, und das Stengelchen andererseits, bis es dem Schooße der Erde entsteigen kann. Nur der verschiedene Bau und die noch verschiedeneren Funktionen von Stengel und Wurzel können diese Eigenschaft, die unter allen Bewegungserscheinungen am meisten als unmittelbar abhängig von der Lebenskraft erscheint, erklären.

vindiziren, hier nicht auf diese Lebenskraft unmittelbar zurückgreift. In letzter Instanz entspringen Bewegungen lebender Pflanzentheile allerdings auch aus der Lebenskraft, da sie sich eben nur an lebenden Pflanzen äußern. Ihre unmittelbare Veranlassung sind aber außer dem anatomischen Bau und der dem einzelnen Pflanzentheil eigenen Form nur äußere Verhältnisse, wie Schwerkraft, Licht, Wärme ꝛc. Während z. B. beim ersten Wachsthum der individualisirten Zelle unter durchaus nicht nachzuweisenden Verhältnissen, diese ganz verschiedenartige Wachsthumsverhältnisse, weitere Ausbildung und selbst verschiedenartige Aufnahme, je nach der Eigenthümlichkeit der Pflanzenart, welche sie vorbildete, zeigt, treten die Bewegungserscheinungen schon als nothwendige Konsequenzen des anatomischen Baues und der Aufnahme und Abgabe von Stoffen in ganz bestimmten Verhältnissen, unter Einwirkung bestimmter äußerer Verhältnisse auf. Sie sind also nicht die unmittelbare Folge der Lebenskraft oder des ursächlichen, die Bildung von organischen Stoffen und lebendigen Zellen vermittelnden Prinzips, sondern schon die nothwendige Konsequenz der eigenthümlichen Organisation bestimmter Pflanzenorgane. Sie greifen demnach in letzter Instanz allerdings auf die Lebenskraft zurück, da diese der letzte Grund jedes pflanzlichen Gebildes und da sie sich ferner auch nur dann zeigen, wo diese noch dem Pflanzenorganismus innewohnt, — werden sich aber alle mit der Zeit auf allgemeine mechanische und physikalische Gesetze zurückführen lassen. Mit andern Worten sind also diese Bewegungserscheinungen die konsequenten Folgen bestimmter gegebener Verhältnisse.

Digitized by Google

Außerdem zeigt allerdings auch das Licht einen bedeutenden Einfluß auf die Richtung der oberirdischen Theile der Pflanze. Am deutlichsten zeigt sich dieß in dunkeln, nur von einer Seite spärlich erleuchteten Räumen. So z. B. in Kellern, Gewölben ꝛc. Kommen Pflanzen, die hier überwintert werden, zum Wachsen, so drehen sich alle Triebe nach dem Lichte hin. Kartoffeln, die den Sommer hindurch zufällig in feuchten Kellern bleiben, treiben aus und ihre Stengel wachsen dünn und fast blattlos immer in der Richtung gegen das Licht hin, bis sie zuweilen zur Kelleröffnung herauswachsen. Auf diese Weise verlängern sich die das Licht suchenden Stengel dieser Pflanze oft bis zur Länge von 10 bis 15 Fuß.

Auch die in Zimmerfenstern und in einseitig erleuchteten Gewächshäusern gehaltenen Pflanzen, sowie solche, die zu dichten Gruppen vereinigt im freien Lande stehen u. a., zeigen stets ein auffallendes Wachsthum nach der Seite hin, von welcher das Licht einfällt. Bei jungen keimenden Samen von Cruciferen gelang es sogar **Mohl**, deren Stengelchen die Richtung nach unten zu geben, indem er sie in einem schwarz angestrichenen Kasten horizontal aufhing, in welchen das Licht von unten durch einen Spiegel einfiel. — Es überwiegt in diesen Fällen der Einfluß des Lichtes das andere Gesetz. Erklären dürften sich diese Wachsthumsverhältnisse dadurch, daß unter Einfluß des durch das Licht gesteigerten Verdunstungs- und Athmungsprozesses sich die Pflanzentheile auf der dem Lichte zugekehrten Seite fester und gedrungener ausbilden, indem deren Elementarorgane derbere Membranen bilden und dagegen die auf der nicht beleuchteten Seite durch reichlicheren Inhalt von Flüssigkeit in einem mehr ausgedehnten Zustande sich befinden. Hierdurch müßte eine Krümmung nach dem Lichte eintreten, bis sie sich vollkommen nach demselben hingewendet haben. — Dutrochet geht noch einen Schritt weiter, indem er annimmt, daß die äußeren Zellen des beleuchteten Pflanzentheils mehr Wasser abgeben und in Folge dessen sich zusammenziehen würden und so die Krümmung veranlaßten. Gegen diese Annahme spricht aber die Beobachtung, daß auch unter Wasser befindliche Pflanzen die gleiche Eigenschaft zeigen.

Werden die oberirdischen Theile einer Pflanze aus ihrer natürlichen Richtung gebracht, so zeigen sie in Folge dieser Vorgänge stets das Bestreben, in ihre frühere Richtung zurückzukehren.

Eine eigenthümliche Bewegung ist jene der Rankenpflanzen, welche mit ihrem dünnen Stengel oder besonderen Organen andere Pflanzen umwinden.

Es ist dieses eine mit dem Wachsthume dieser Pflanzen innig verbundene Eigenschaft, die noch keine stichhaltige Erklärung gefunden hat. Sicher ist nur, daß die jungen Stengelglieder der Schlingpflanzen anfangs gerade sind, in einem gewissen Alter beginnt aber bei denselben eine Drehung nach links oder rechts, welche sich auf den ganzen Holzkörper erstreckt, so daß die Gefäßbündel einen spiraligen Verlauf längs des Stengels zeigen. Diese Drehung wird zugleich auch das Mittel,

Digitized by Google

durch welches die mit ihrer Spitze überhängenden Schlingpflanzen ihre Stütze finden, insofern sich dadurch die ganze Stengelspitze wie der Zeiger einer Uhr im Kreise herumdreht. Kommt er dabei an eine Stütze, so umschlingt er diese. Ob das Umschlingen der Stütze eine andere Art der Bewegung ist, welche durch eine eigenthümliche Reizbarkeit an der Berührungsstelle erregt werde, wie z. B. Mohl annimmt, ist mir mehr als zweifelhaft. Mohl sagt selbst, daß derjenige Theil einer Schlingpflanze, welcher die Drehung bereits erlitten habe, unfähig sei, noch eine Stütze zu umwinden, und leistet dadurch selbst den Beweis, daß Umwindung und Drehung die gleiche Bewegungserscheinung ist. Ueberhaupt ist die spiralige Drehung rasch wachsender Pflanzentheile, namentlich von Blüthenschaften, eine das Wachsthum viel häufiger begleitende Erscheinung, als man gemeiniglich annimmt. Vom Verfasser ward sie schon sehr häufig an nicht windenden Pflanzentheilen beobachtet, in besonders hohem Grade aber an dem in der Entwickelung begriffenen Blüthenschafte einer tropischen Orchidee, an **Phajus maculatus**. Diese Drehungen sind lediglich eine das Wachsthum begleitende Erscheinung, treten daher in um so höhere Grade auf, je lebhafter das Wachsthum, und erfolgen unabhängig vom Lichte, also sowohl bei Nacht wie bei Tag. Dutrochet nimmt eine derartige Bewegung für die wachsenden Stengel aller Pflanzen an, natürlich in niederem Grade als bei den Schlingpflanzen. A. Braun endlich hat gezeigt, daß der Verlauf der Holzfaser der Bäume fast immer spiralig ist.

Auffallender noch als die Bewegungen des Stengels sind die Bewegungen an Blatt- und Blüthenorganen, welche theils periodisch an Tag und Nacht gebunden sind, theils hieran nicht geknüpft, auftreten.

Unter den periodischen Bewegungen der Blätterorgane ist deren durchaus verschiedene Stellung bei Tag und Nacht, welche man durch Wachen und Schlafen bezeichnet, eine der auffallendsten und bekanntesten. Am auffallendsten beobachtet man diese Erscheinung an allen den Blättern, deren Blattflächen auf dem Blattstiel wieder eingelenkt sind, namentlich an den gefiederten Blättern der Papilionaceen, welche bei Tage die obere Fläche ihrer Blätter der Sonne zukehren, mit Sonnenuntergang aber ihre Blättchen entweder abwärts oder aufwärts biegen, ja bei manchen sich so zusammenlegen, daß nur ihre untere Fläche nach außen gekehrt ist. Am bekanntesten ist diese Erscheinung bei den Akazien, Mimosen, den Sauerkleearten u. s. f. Da, wo die Blätter nicht durch Gelenke, d. h. durch aus einem weichen saftigen Parenchym bestehende Anschwellungen, mit Blattstiel oder Stengel verbunden sind, tritt eine Veränderung der Richtung des Blattes bei Nacht und Tag entweder gar nicht oder doch nur im verminderten Grade ein, wie z. B. bei allen saftigen Blättern, bei den meisten von lederartiger Beschaffenheit u. s. f.

Es ist mithin das Gelenk, d. h. das zarte Parenchym desselben, welches partieller Expansion, sowie einer Zusammenpressung fähig ist und dadurch die Bewegung des Wachens und Schlafens vermittelt.

Digitized by Google

De Candolle schon hat es durch seine Versuche erwiesen, daß es lediglich das Licht ist, welches diese Erscheinungen hervorruft. Durch das Licht vieler Lampen veranlaßte er bei Nacht schlafende Blätter zur Annahme der Stellung wie bei Tage; bei Tage ins Dunkle gestellte Pflanzen nehmen bald die Stellung der Nacht an. Bei einer totalen Sonnenfinsterniß gehen die Blätter zur Stellung des Schlafens entweder gänzlich oder theilweise über, und ähnliche Beobachtungen, welche alle darauf hindeuten, daß es lediglich der Einfluß des Lichtes ist, der diese Veränderungen hervorruft, gibt es noch viele.

Schwieriger ist die Entscheidung der Frage, auf welche Weise hier das Licht einwirkt. Ist diese Frage auch noch nicht vollständig gelöst, so erhalten wir doch wenigstens eine leitende Idee über diese Vorgänge durch nachfolgende Thatsachen.

Bei den im Zustande des Schlafens befindlichen Pflanzen kehren die Blätter ihrer großen Mehrzahl nach zu der Stellung zurück, welche sie im Knospenzustande besaßen.

Bei der Entfaltung der Blätter aus der Knospenblattlage, da dreht sich das Blatt in Folge seines Baues und seiner Funktionen mit der oberen Seite immer nach dem Lichte, mit unteren Seite von demselben weg. Besitzt nun das Blatt einen leicht beweglichen elastischen Theil (ein Gelenk), so wird es eben möglich, daß es unter dem Einfluß des Lichtes stets die seinen Funktionen vortheilhafteste Stellung annimmt, dagegen aber nach Aufhören dieses Einflusses wieder in seine natürliche Stellung zurückkehrt. Bei Blättern dagegen, die solch ein bewegliches Glied nicht besitzen, da dreht sich das Blatt konstant in die Stellung, welche es bei Nacht und Tag beibehält.

Ob nun diese Stellungsveränderung durch Expansion des Zellgewebes des Gelenkes auf der vom Lichte abgewendeten und Zusammenpressung oder Zusammenfallen desselben auf der dem Lichte zugekehrten Seite entsteht, oder ob vielmehr die Stellungsveränderung durch eine uns noch unbekannte Einwirkung des Lichtes, sowie auch der Wärme in der Art veranlaßt wird, daß die Oberseite des Blattes sich gegen das Licht dreht und nur durch die bewegliche Stelle diese Bewegung möglich wird, dieß ist eine noch durchaus unentschiedene Frage. Wir neigen uns zur letzteren Ansicht und betrachten folglich auch den Zustand des Schlafes als den natürlichen ruhenden Zustand, den Zustand des Wachens dagegen als einen Zustand, in welchem sich das Gelenk theils im Zustande der Anspannung, theils dem der Zusammenpressung befindet, und erklären uns also die Richtung der Blätter während des Schlafens als einfaches Zurückkehren in die natürliche, durch den anatomischen Bau bedingte Richtung, sobald der Reiz des Lichtes aufhört.

Würde man dagegen den Grund der Bewegung nur im Gelenke suchen, so wäre der Zustand des Schlafens der Zustand der gleichmäßigen Anspannung aller Elementarorgane des Gelenkes.

Die Bewegungen, welche die Blätter beim Zurückgehen in den Zustand des Schlafens zeigen, sind sehr verschieden, immer aber zeigen

Digitized by Google

ſie eine geringere Ausbreitung. Der Schlaf beſteht bald in Senkung, bald in Hebung des Blattes, bei zuſammengeſetzten Blättern oft zugleich in Senkung, Hebung oder Drehung und zuweilen in Zuſammenfaltung der Blättchen. Das Zurückkehren in die Lage des Knoſpenzuſtandes herrſcht vor, zuweilen tritt aber auch wie bei Oxalis eine andere Lage ein.

Aehnliche periodiſche Veränderungen der Richtung zeigen auch die Blumen vieler Pflanzen, welche ſich gemeiniglich bei Tage öffnen und des Nachts wieder ſchließen. Bekannt iſt es, daß dieſes Verhältniß nach den verſchiedenen Pflanzen ſehr bedeutende Abänderungen erleidet. Während die Blumen der einen Pflanzen Tag und Nacht geöffnet bleiben, öffnen ſich andere zu ſehr verſchiedenen Zeiten des Tages, um ſich bei Nacht wieder zu ſchließen, und wieder andere bleiben während des Tages geſchloſſen und öffnen ſich erſt gegen Abend, wie die Wunderblumen (Mirabilis), oder erſt während der Nacht, wie Cereus grandiflorus u. a. m.

Man hat dieſe verſchiedenen Verhältniſſe unter andern dazu benutzt, um nach dem regelmäßigen, zu beſtimmten Tageszeiten erfolgenden Oeffnen und Schließen der Blumen, Blumenuhren zuſammenzuſetzen. Es zeigt jedoch nicht bloß der verſchiedene Grad von Licht, ſondern auch die Feuchtigkeit der Atmoſphäre einen Einfluß auf das Oeffnen der Blumen, und namentlich gibt es unter den Compoſiten manche Pflanzen, deren Blüthenköpfe ſich bei feuchtem Wetter gar nicht öffnen, ſo z. B. die Regen-Ringelblume (Dimorphotheca pluvialis).

Die Blumenblätter ſind durch ihren zarten Bau viel mehr als die Blätter zu derartigen, durch äußere Verhältniſſe bedingten Bewegungen geeignet, beſitzen daher auch nur ſelten beſondere die Bewegungen vermittelnde Gelenke.

An dieſe Bewegungen der Blumenblätter ſchließen ſich die in Folge fortſchreitender Entwickelung der Blumen auftretenden Bewegungen der Staubfäden an, welche dieſe nach der Narbe machen und dabei den Pollen entleeren. Dieſe Bewegungen, welche wir bei der Befruchtung näher beſprechen werden, erfolgen immer regelmäßig nach der ſpiraligen Anordnung der Staubfäden. Auch der Griffel zeigt bisweilen ähnliche Bewegungen.

Die auffallendſten, ohne äußern mechaniſchen Reiz eintretenden Bewegungen ſind die regelmäßig ſchwingenden Bewegungen der Blätter von Hedysarum gyrans und einiger anderer ähnlicher Pflanzen, die jedoch nur bei ſehr hohen Temperaturgraden auftreten. Dieſe Pflanze beſitzt dreizählige Blätter; das Mittelblatt derſelben beſitzt nur eine Schlafbewegung, indem es ſich bei Tage erhebt, bei Nacht ſenkt. Die beiden kleinen Seitenblättchen zeigen dagegen bei Tage und bei Nacht eine eigenthümliche ſtoßweiſe Bewegung, wobei ſie ſich abwechſelnd heben und ſenken. Auch hier iſt das Wachsthum die nächſte Veranlaſſung dieſer ſonſt noch durchaus unerklärten Bewegungen. Eine ähnliche auf- und abwärts gehende Bewegung zeigt auch die Lippe von Megaclinium falcatum.

Verſchieden von dieſen temporär regelmäßig auftretenden Bewe-

Digitized by Google

gungen ist die Reihe derer, die durch äußere mechanische Reize veranlaßt werden.

Am bekanntesten ist in dieser Beziehung die Sinnpflanze (**Mimosa pudica**), eine einjährige Pflanze mit gefiederten Blättern. Am Grunde der einzelnen Blättchen, der Blattstielchen und des Blattes finden sich stark angeschwollene Gelenke. Durch Erschütterungen und Reize aller Art senkt sich der allgemeine Blattstiel, biegen sich die Blattstielchen zusammen und legen sich die Blättchen dachziegelförmig zusammen. Diese Veränderungen treten auffallend plötzlich ein, so daß sie auf den unvorbereiteten Beobachter durchaus den Eindruck der bewußten Empfindlichkeit machen. Nach einiger Zeit nehmen jedoch die Blätter wieder ganz allmälig ihre frühere Lage an. Am empfindlichsten ist diese Pflanze, wenn man sie an der Seite der Gelenkwulste berührt, nach welcher hin die Bewegung erfolgt. Eine Berührung auf der entgegengesetzten Seite hat keinen Erfolg. Stärkere Erschütterungen pflanzen sich von unten nach oben fort, und zwar geschieht dieß, wie schon Meyen zeigte, vermittelst der Gefäßbündel. Bei hohen Temperaturgraden ist diese Reizbarkeit am größten und nimmt überhaupt zu und ab, je nach der Zu- und Abnahme des Wachsthums derselben.

Es sind die einläßlichsten und umfassendsten Versuche gemacht worden, um diese von den periodischen Bewegungen des Schlafes durchaus verschiedenen Bewegungen zu erklären. **Meyen, Dutrochet und Brücke** haben in dieser Beziehung die umfassendsten Versuche gemacht, aus denen ungefähr das Folgende resultirt: Die Gelenke sind es, welche diese Bewegung veranlassen. Um die das Mittel des Blattstiels einnehmenden Gefäßbündel liegt ein Zellparenchym, dessen Zellen sich in einem Zustand der Zusammenpressung befinden, denn schneidet man einen Längsstreifen davon weg, so dehnt sich dieser nach dem Ablösen in die Länge. Das Gefäßbündel befindet sich dagegen im ganz normalen Zustande. Wird nun die Seite des Gelenkwulstes, nach welchem die Bewegung erfolgt, gereizt, so tritt eine augenblickliche Erschlaffung des Zellgewebes dieser Seite ein, in Folge dessen das Zellgewebe der entgegengesetzten Seite sich ausdehnen kann, und so erfolgt jene Bewegung. Daß nur auf diese doppelte Weise diese Bewegung bedingt wird, geht daraus hervor, daß durch das Wegschneiden des Zellenwulstes des Gelenkes auf der obern Seite, die Senkung des Blattes zwar nicht ganz aufgehoben, aber doch die Reizbarkeit bis auf einen sehr geringen Grad vermindert wird.

Aehnliches Verhalten bedingt die Reizbarkeit der Blätter von **Dionaea**, ferner mehrerer **Oxalis**, **Robinia** und **Mimosa**-Arten, und endlich auch die Reizbarkeit der Staubfäden vom Sauerdorn (**Berberis**). Dieser bekannte gelbblühende Strauch besitzt in seiner Blume ein Pistill und sechs Staubfäden, welche letztere ziemlich weit vom ersteren abstehen. Berührt man dieselben über ihrem Grunde auf ihrer innerer Seite, so biegt sich der betreffende Staubfaden plötzlich nach dem Pistill und der Staubbeutel entleert zugleich seinen Inhalt.

Digitized by Google

Die Art und Weise, wie der Reiz das Nachgeben des Zellgewebes der einen Seite bewirkt, ist noch durchaus dunkel. Es steht diese Erscheinung im innersten Zusammenhange mit allen im Innern der Pflanze vor sich gehenden Lebenserscheinungen und erscheint insofern als eine Folge der auf die höchste Potenz gesteigerten Lebensthätigkeit, als sie bei lebhaft wachsenden Pflanzen, bei hohen Wärmegraden ꝛc., in sehr vermehrtem Maßstabe sich zeigt. Manche Mimosen, wie **Mimosa sensitiva**, welche in ihrem Vaterlande eine ähnliche Empfindlichkeit zeigen, besitzen diese in unsern Gewächshäusern nur in sehr geringem Grade. Oft wiederholter Reiz, niedrige Temperaturen, Entziehung von Luft, Einfluß von Aether und Chloroform heben die Reizbarkeit auf.

Schließlich bleibt uns noch die Betrachtung der eigenthümlichen Bewegung, welche manche Algen, die Schwärmsporen derselben, sowie die Samenfadenorgane zeigen. Unter den einzelligen Algen besitzen die zahlreichen Arten der Diatomeen und Desmidiaceen eine Bewegung, welche in einem langsamen Vor- und Zurückweichen in der Richtung ihres Längsdurchmessers besteht, worauf Licht und Feuchtigkeit Einfluß zu haben scheint, insofern sie sich bei sonnigem Wetter an die Oberfläche des Schlammes, in dem sie leben, ziehen, und wenn die Oberfläche desselben vertrocknet, zurücktreten. Nägeli erklärt diese Bewegung durch ungleichmäßig vertheilte Aufnahme und Ausscheidung. Auffallender noch ist die Bewegung einiger Fadenalgen, der Oscillatorien, deren Fäden ein Vor- und Zurückschieben, ein pendelartiges Hin- und Herschieben, sowie Krümmungen in spiraliger Richtung zeigen. Wie bei den vorhergehenden einzelligen Pflänzchen ist keine Spur eines Bewegungsorganes zu entdecken und der Grund der Bewegung noch unbekannt. Es wurden deßhalb die Desmidiaceen, Diatomeen und Oscillatorien von vielen Naturforschern mit zu den Thieren gerechnet oder wenigstens als Familien betrachtet, die zwischen beiden Reichen in der Mitte ständen. Thiere sind es bestimmt nicht, dagegen spricht das Vorkommen des Chlorophylls, das Fehlen der Mundöffnung ꝛc. Aber auch von allen pflanzlichen Bildungen zeigen z. B. die einzelligen Algen, welche oft erst in mehreren Generationen den Kreislauf ihrer Formbildung vollenden, bedeutende Unterschiede, und es dürfte daher in Frage kommen, ob sie nicht richtiger eine Mittelstellung zwischen Thier und Pflanze erhalten dürften oder mit andern Worten ein eigenes Reich für sich bilden müssen.

Endlich kommen noch bei den Schwärmsporen der Algen, bei den Samenfäden der Antheridien ganz eigene Bewegungen vor, die wir bei der Fortpflanzung näher betrachten wollen. Hier wollen wir nur noch bemerken, daß die Bewegungen dieser Organe dazu mißbraucht wurden, um darzuthun, daß zwischen Pflanze und Thier auf der niedrigsten Stufe kein Unterschied sei und die gleiche Pflanze bald als Infusorium, bald als Pflanze leben könne.

§ 31. Mißbildungen und Monstrositäten.

Mißbildungen und Monstrositäten bestehen in eigenthümlichen Umbildungen der Blatt- und Stengelorgane.

Digitized by Google

Dieselben können entweder zufällig auftreten oder dem Individuum oder selbst der Abart eigenthümlich sein und sich dann auch auf die folgenden Generationen vererben.

Zufällige Mißbildungen entstehen vorzugsweise durch Insekten, indem diese mittelst ihres Legestachels ihre Eier in das weiche Parenchym der Blätter, der Rinde und der Wurzel ablegen. Durch dieses Einbringen eines fremden Körpers in das Gewebe der Pflanze werden Zellwucherungen veranlaßt, welche die Eier und die diesen entschlüpfenden Larven umgeben. An den Blättern und Stengeln sind derartige Auswüchse unter den Namen von Gallen oder Galläpfeln bekannt. Merkwürdig ist es, wie hier der Einfluß der verschiedenen, im Innern des Pflanzenkörpers zur Entwickelung kommenden Insekten, schon vom Einsenken der Eier an in eine ganz eigenthümliche Beziehung zu den umgebenden Zellschichten der Pflanze tritt, insofern als nach den verschiedenen Insektenarten die Galle auch immer verschiedene, aber für die einzelne Art eine ganz bestimmte Form zeigt. Man kann daher schon an der Form, dieser bald in Form von Kugeln, bald von Cylindern, Schüsselchen ꝛc., die Blätter und jungen Stengel bedeckenden Auswüchse, die Insektenart, welche dieselbe veranlaßte, erkennen. Auch an den Wurzeln entstehen aus der gleichen Ursache zuweilen knollenförmige Auswüchse. Sehr bekannt ward in dieser Beziehung die durch das Ablegen der Eier eines kleinen Rüsselkäfers veranlaßte Kropfkrankheit der Kohlgewächse, welche in neuester Zeit eine ganz allgemeine Verbreitung durch Deutschland zeigte. Es wächst dabei die Wurzel in eine Menge knollenförmiger Auswüchse aus, in deren Innern die Larve lebt. Es versteht sich, daß eine derartige krankhafte Wucherung des Zellgewebes von großem Nachtheil auf die Entwicklung der Gemüse ist. Diese Wucherung tritt anfangs ganz so ein, wie sie sich bei jeder Verwundung einstellt. Durch das Ausschlüpfen der Eier und den Fraß der kleinen Larven im Innern der Pflanzensubstanz wird später die Verwundung stets erneuert und so entstehen jene großen knollenförmigen Verdickungen der Wurzel.

Einer ganz eigenthümlichen Art von Mißbildung müssen wir noch besonders erwähnen. Dieß sind jene eigenthümlichen kugelig knollenförmigen Gebilde, welche man in Tannenwaldungen an der Fichte und Tanne zuweilen findet. Nach den schönen Untersuchungen Göpperts haben dieselben folgende Entstehung.

Die Wurzeln der gesellschaftlich wachsenden Nadelhölzer verwachsen sehr häufig mit einander, und zwar wie bei der Föhre, nur die Wurzeln der gleichen Art unter einander, oder wie bei der Tanne und Fichte, auch die Wurzeln verwandter Arten mit einander. Wird nun ein Zapfenbaum, der unterirdisch mit einem andern verwachsen ist, über der Wurzel abgehauen, so stirbt er nicht ab, sondern wird auch noch ferner durch die mit ihm verwachsenen Wurzeln des benachbarten Baumes ernährt. In Folge dessen lagern sich wellenförmig konzentrisch um den Stumpf Holzschichten ab und erheben sich zuletzt über den Stumpf, in

Digitized by Google

Form jener eigenthümlichen kugeligen knollenförmigen Maserknollen, die schon Theophrast bekannt waren. Obgleich die Bildung eines solchen Knollens oft einen Zeitraum von 80 bis 100 Jahren in Anspruch nimmt, so ist dennoch die Bildung von Adventivknospen an denselben eine außerordentlich seltene Erscheinung.

Mißbildungen und Umbildungen, die dem Individuum oder der Varietät eigen sind, entstehen ebenfalls ursprünglich zufällig, sei es durch Einfluß von Kultur, von Standort, durch Fortpflanzung durch Theilung, Stecklinge oder Samen, durch klimatische Verhältnisse u. s. f. Dieselben sind gemeiniglich auf die folgenden Generationen entweder individuell (durch Fortpflanzung durch Knospen) vererblich, oder sie pflanzen sich auch wohl durch Samen auf die folgenden Generationen fort, sofern nämlich keine geschlechtliche Vermischung mit andern Formen stattfindet, und überhaupt die Verhältnisse erhalten werden, unter denen sie entstanden sind.

Die Zahl dieser Miß- und Umbildungen ist sehr groß, denn es gehört hierher die größte Zahl der unterm Einfluß von Kultur (nicht aber unterm Einfluß von Bastardbefruchtung) entstandenen zahlreichen Formen, bei welchen einzelne Organe der Pflanze eine überhaupt veränderte Form erhalten oder sich auch in rückwärts gehender Reihe in solche Organe umgebildet haben, durch deren Umbildung sie entstanden sind. Formen, die nur veränderte Blüthenfarben, größere Blumen und Früchte zeigen, gehören nicht hierher.

Es kann nicht unsere Absicht sein, alle diese Formen einer einläßlichen Prüfung zu unterwerfen, sondern wir wollen hier nur einige der bekanntesten besprechen.

Unsere Föhre (Pinus silvestris), die in der Ebene einen hohen aufrechten Stamm bildet, krümmt sich hoch im Gebirge dem Boden nach und bildet da das 3 bis 8 Fuß hohe Krummholz. Auch die Zirbelkiefer (P. Cembra) zeigt ganz ähnliche Verhältnisse. Exemplare, die unter solchen Verhältnissen erwachsen sind und in den Garten der Ebene verpflanzt werden, scheinen ihre Natur nicht wesentlich zu ändern. So stehen im hiesigen botanischen Garten Exemplare, die schon seit siebenzehn Jahren eingepflanzt sind und noch jetzt zeigen sie den zwergartigen, niedrigen Wuchs. Durch Samen vermehrt, bilden die ersten Generationen gemeiniglich noch niedergekrümmte Stämme bei sonst bedeutenderen Größenverhältnissen, und erst die spätern Generationen gehen unter Einfluß des längern Sommers und des wärmern Klima's allmälig wieder zur Stammart zurück.

Es schließen sich an diese lediglich durch Temperaturverhältnisse bedingte Umwandlung des normalen Wuchses, die große Zahl der in Gärten kultivirten sogenannten Zwergvarietäten, welche durch eine eigenthümliche, schon im Samen bedingte Mäßigung des Wachsthumes ins Holz oder Kraut bestehen. Was solche zwergförmige Abänderungen im Allgemeinen bedingt, ist noch durchaus unbekannt, sofern wir von den künstlichen Manipulationen, solche Formen zu erziehen, absehen. Letzteres

Digitized by Google

geschieht durch Einfluß von wenig Nahrung, häufiges Stutzen von Wurzel und Aesten und zeichnen sich besonders die Gärtner der Chinesen in künstlicher Erzeugung solcher barroquer Verstümmelung des natürlichen Wuchses der Pflanzen aus. Eine zweite Form von Zwergen wird durch für's Individuum konstant auftretende monströse Umbildung der wachsenden Stammspitze bedingt, wie z. B. die Zwergform von Cryptomeria japonica. Die dritte Reihe solcher Zwergformen ist die, welche sich sogar durch Samen auf einen Theil der Individuen der folgenden Generationen fortpflanzt, wie dieß z. B. von den Zwergastern, Zwerg-Hahnenkamm, Zwerg-Calliopsis und anderen hinlänglich bekannt ist.

Eben so unklar sind wir noch über den Einfluß, welcher die Formen mit hängenden Aesten erzeugt. Auch hier müssen wir allerdings zwischen drei Fällen unterscheiden. Im ersten Fall ist dieser Wuchs überhaupt der Pflanzenart eigenthümlich und hat insofern nicht mehr und nicht weniger Auffallendes, als die Richtung der Pflanzentheile überhaupt, so z. B. bei der Trauerweide.

Im zweiten Fall wird das Hängen der Aeste in der Weise hervorgebracht, daß man auf eine Pflanzenart mit aufrechtem geradem Stamm eine verwandte Pflanzenart veredelt, welche überhaupt keinen Stamm, sondern nur dünne, nach allen Seiten überhängende Zweige bildet. Auf diese Weise hat man z. B. eine Weide Sibiriens (Salix sibirica), die natürlich einen kleinen Strauch mit dünnen, dem Boden nach liegenden Aesten bildet, auf Hochstämme anderer Weiden veredelt und dadurch eine durchaus harte, auch unsern deutschen Winter gut ertragende Hängeweide erhalten. Diese Weide hat auch auf Hochstamm veredelt ihre Natur durchaus beibehalten, und bewährt nur das allgemeine Gesetz, daß der Wildling die Natur des Edelreises nicht verändert. Aehnlich verhalten sich auch auf Hochstämme veredelte Rankrosen, die die so beliebten Trauerrosen bilden.

Der dritte Fall ist eben der noch unerklärte, nämlich durch welche Einflüsse ebenfalls durch die Anzucht aus Samen, von Pflanzenarten mit aufstrebenden Aesten individuell durchaus haltbare Formen mit hängenden Aesten entstehen. Wir wollen hier nur an die Trauereesche, Trauerlinde, Trauerbuche und eine Menge ähnlicher Formen erinnern. Da sie nur individuell haltbar sind, werden sie durch Veredlung auf Wildlinge der Pflanzen, von denen sie abstammen, fortgepflanzt.

Unter den Mißbildungen der Wurzel und des Wurzelstockes ist das Fleischigwerden derselben für den menschlichen Haushalt von der größten Wichtigkeit. Es besteht dieses nicht bloß in Zunahme einer allerdings an und für sich schon dicken Wurzel an Größe, sondern es gehen dabei die Holzbündel auch theilweise in saftiges Zellgewebe über, wodurch die Wurzel eben zarter und genießbarer wird. Eins der bekanntesten Beispiele der Art liefert unsere gemeine Möhre (Rübli, Carotte), eine Pflanze, welche auf trocknen Wiesen, an Rainen ꝛc. allenthalben bei uns wild wächst und hier eine dünne, zähe, holzige, ungenießbare Wurzel

Digitized by Google

besitzt. Lediglich durch Einfluß von besserem Boden und Wiederaussaat des Samens der Individuen, die die größte Wurzel entwickelten, hat die Wurzel dieser Pflanze jene fleischige Form angenommen. Sie gehört zwar zu jenen schon seit alten Zeiten in unsere Gemüsgärten eingebürgerten Pflanzen, allein erst noch in neuerer Zeit (zu Anfang der Vierzigerjahre) gelang es Van Mons, die wilde Möhre lediglich durch Einfluß der Kultur schon in der dritten Generation zu einer Form mit genießbarer Wurzel umzuwandeln. Als eigenthümlich wollen wir hierbei erwähnen, daß die Wurzel der Möhre nicht um so zarter wird, je größer deren Wurzel je nach den in neuester Zeit erzogenen Abarten wird, sondern gerade die größte der bekannten Formen, die grünköpfige Riesenmöhre, besitzt die stärksten Holzbündel und eignet sich nur zur Fütterung.

Andere Pflanzen, deren Wurzeln ähnliche Umbildung durch die Kultur erlitten, sind z. B. der Pastinak, die Runkelrübe, die Rettige, Kohlrüben, Herbstrüben u. a. m. Bei der Kohlrabi ist es der unterste Theil des Stengels, der fleischig geworden ist, und bei den Kartoffeln sind es bekanntlich knollige Wurzelstöcke. Auch die letztere Pflanze gehört zu den Pflanzen, deren Knollen erst unterm Einfluß der Kultur jenen Wohlgeschmack und Ausbildung erhalten haben, wie sie solche jetzt besitzen.

Zu den Monstrositäten des Stengels gehört auch jene nicht selten auftretende flach gedrückte Form desselben, eine Form, welche z. B. beim Blüthenstand unseres gewöhnlichen Hahnenkammes, bis auf einen gewissen Grad fixirt werden kann, obgleich derselbe ganz sich selbst überlassen und seiner Seitenäste nicht beraubt, in den folgenden Generationen bald wieder zur ursprünglichen Stammform zurückkehrt; eine Erscheinung, welche der Gärtner sehr unzweckmäßig durch Ausarten bezeichnet, während umgekehrt das Ausgeartete die ursprüngliche Form wieder annimmt.

Was die fortgesetzte Kultur, in einem Zeitraum von 2 bis 3000 Jahren aus der Pflanze für eigenthümliche Formen erzeugen kann, davon geben unsere Kohlarten ein lebendiges Beispiel. Die wilde Stammart derselben (**Brassica oleracea**) wächst an den Ufern des Mittelmeeres, dem Sitze der ältesten Kulturvölker Europa's, wild. Sie besitzt fast glatte, nach allen Seiten abstehende Blätter. Aus dieser, dem glattblättrigen Blattkohl zunächst verwandten Stammart, sind entweder für sich allein, oder noch durch Vermischung mit verwandten Arten, alle jene zahlreichen Abarten des Kopfkohls (Kabis) und Wirsings (Wirz) mit zu Köpfen dicht in einander gefalteten Blättern entstanden, ferner die Formen des Rosenkohls, Krauskohls, Schnittkohls, Sprossenkohls, sowie jene eigenthümliche Mißbildung des Blüthenstandes, die wir als Blumenkohl kennen. Alle diese Abarten haben eine ziemliche Beständigkeit in Bezug auf ihr Verhalten in den folgenden Generationen erhalten, und es ist daher dem Verfasser wahrscheinlich, daß zwei oder mehrere Arten durch geschlechtliche Vermischung zur Erzeugung dieser vielfachen Formen thätig waren, eine Ansicht, die wir später einläßlicher besprechen werden.

Digitized by Google

Auch in anderer Richtung treten ziemlich häufig Abänderungen in der normalen Form der Blätter auf. So z. B. kommen von Pflanzen mit normal ungetheilten Blättern nicht selten Formen mit verschiedenartig getheilten Blättern vor, wobei natürlich die Nervatur die Form der Theilung bestimmt. Bekannt sind solche Formen z. B. von unserer Buche, dem persischen Flieder, der Eiche und anderen. Für das Individuum sind derartige Abweichungen ebenso konstant, wie die Blätter von anderweitiger Färbung, die wir schon betrachteten. Eigentliche Monstrositäten an Blättern kommen fast nur durch Insekten oder Krankheiten veranlaßt vor.

Weitaus am häufigsten treten annormale Mißbildungen, oder vielmehr Zurückbildung der Blüthentheile ein. Ein Beispiel der Zurückbildung der Fruchtblätter in mehr blattartige Organe besprachen wir S. 39. Solche Beispiele sind im Allgemeinen nicht selten und Individuen mehrjähriger Pflanzen, die diese Eigenthümlichkeit einmal besitzen, zeigen sie regelmäßig jährlich wieder.

Wenn derartige Rückbildungen schon in morphologischer Beziehung ein hohes Interesse haben, so hat die große Reihe der Zurückbildung der Staubgefäße und selbst Fruchtblätter in Blumenblätter eine noch viel größere Bedeutung für die Blumistik erhalten, weil hieraus die so beliebten gefüllten Blumen hervorgehen.

Unter gefüllten Blumen versteht die Blumistik zwei unter sich wesentlich verschiedene Formen. Die erste derselben entsteht durch Umbildung der männlichen und weiblichen Fruktifikationsorgane zu Blumenblättern, die letztere dagegen kommt nur bei den Kompositen vor. Hier stehen bekanntlich auf einem scheiben- oder kugelförmigen Fruchtboden (vergl. Fig. 14) viele Blumen in konzentrischen Kreisen neben einander, welche nach außen von einer Blätterhülle umgeben sind. Diese Blüthen zeigen nun unter sich gemeiniglich eine verschiedene Form, insofern die Blumen des äußersten Kreises (Fig. 14, aa) oft in ein gefärbtes bandförmiges Blatt aufgeschlitzt sind, die Blumen der Scheibe dagegen eine kurze, gemeiniglich gelb gefärbte Röhre darstellen. Bilden sich nun die Blumen der Scheibe ebenfalls zu großen bandförmig aufgeschlitzten Blumen um, so entsteht auf diese Weise z. B. die bekannte Füllung der Dahlie. Bilden sich dagegen die Scheibenblumen nur zu längerer, gestreckterer Röhrenform um und nehmen dabei eine andere Färbung als die gelbe an, so entstehen durch diesen Vorgang z. B. die gefüllten Blumen der chinesischen Röhrenastern, und endlich durch Vereinigung von bandförmigen Strahlenblumen und gefärbten röhrigen Scheibenblumen, die jetzt so beliebten ranunkelblumigen französischen Astern. Aehnliche Fälle kommen in der großen Familie der Kompositen sehr vielfach vor. Diese Füllung hat auf die Ausbildung der Fruktifikationsorgane keinen Einfluß, und wirkt folglich auch nicht auf Unfruchtbarkeit zurück.

In allen den Fällen, wo Füllung der Blume aus der Umbildung der Fruktifikationsorgane zu Blumenblättern entsteht, hängt der Grad

Digitized by Google

der Füllung zunächst vom Baue der Blume ab. Es ist klar, daß eine Blume mit zahlreichen Staubfäden eine viel dichtere Füllung, als eine solche mit wenigen Staubfäden zeigen kann.

Wenn männliche und weibliche Befruchtungsorgane sich zu Blumenblättern umbilden, so ist es klar, daß hiermit zugleich auch die vollständige Unfruchtbarkeit der betreffenden Pflanze bedingt ist, wie dieß z. B. bei den Levkoien, der Nachtviole (Hesperis matronalis) u. a. der Fall ist. Meist aber gehen nur die Staubfäden, und oft von diesen wieder nur die äußeren, die Umbildung zu Blumenblättern ein. Im letzteren Falle entstehen die noch durchaus fruchtbaren halbgefüllten Blumen; im ersteren Falle ist wenigstens das Pistill stets noch befruchtungsfähig, wenn gleich man oft genöthigt ist, Pollen halb gefüllter Blumen zur Befruchtung zu verwenden, so z. B. bei dem Lack, den Nelken u. a. m.

Nehmen die zu Blumenblättern umgebildeten Staubfäden die gleiche Form wie die äußeren Blumenblätter an, so entstehen dadurch jene regelmäßig gefüllten Blumen, die um so mehr geschätzt werden, je gleichförmiger ihr Bau. So z. B. die ziegeldachförmig über einander liegenden Blumenblätter der Kamellien. Eine unregelmäßige Lage bei gleichem Längenverhältniß bezeichnet man durch Ranunkel- oder Päonienförmigen Bau, und wenn die innern Blumenblätter kürzer, so nennt man dieß Anemonenbau. Die Ursache der Füllung scheint in den meisten Fällen schon im Samen bedingt zu sein.

Entsteht die Füllung durch Umbildung der Befruchtungsorgane in Blumenblätter, so ist es wohl stets eine kümmerliche Ausbildung des Samens, welche diese Umbildung herbeiführt; entsteht aber die Füllung durch Vergrößerung der Blumenkronen selbst, wie bei den Kompositen, so ist es gegentheils eine möglichst vollkommene Ausbildung des Samens, welche hierauf vortheilhaft einwirkt.

So besteht z. B. das ganze Geheimniß, Samen von Levkoien anzuziehen, der meist gefüllte Blumen liefert, lediglich darin, daß man diese Pflanzen in einer magern Erde in Töpfen, auf trocknen Mauern oder in sonst sehr dürftigem Boden erzieht und hier Samen tragen läßt. Die kümmerliche Ausbildung der ganzen Pflanze äußert ihre Wirkung auf ihr letztes zur Fortpflanzung bestimmtes Produkt, den Samen, der in Folge dessen nicht mehr im Stande ist, Pflanzen mit normal gebildeten Blumen zu erzeugen. Außer dieser lediglich durch die Kultur bedingten Einwirkung auf den Samen läßt es sich jedoch nicht läugnen, daß die Eigenschaft der Füllung bei allen Pflanzen mit gefüllten, aber noch fruchtbaren Blumen in gewissem Grade ohne jede künstliche Einwirkung sich auch auf die folgenden Generationen vererbt. So z. B. bei den Malven, Rosen, Kamellien, Nelken, Balsaminen und vielen anderen.

Ob lediglich durch Einfluß der Kultur ein sonst einfach blühendes Pflanzenindividuum zum gefüllt-blühenden umgewandelt werden könne, darüber liegen mir weder eigene noch fremde bestimmte Beobachtungen

Digitized by Google

vor. Wohl sah ich recht häufig in einzelnen Blumen solcher Pflanzen einzelne Staubfäden zu Blumenblättern übergehen, aber es trat dieser Fall stets nur sehr vereinzelt und nie konstant auf, so daß er nicht fixirt werden konnte. So z. B. bei Achimenen, Gloxinien, Potentillen, baumartigen Rosaceen u. a. m. Es scheint mir daher die konstante Füllung einer Blume nur durch das Mittel der Anzucht aus Samen erzielt werden zu können. Dagegen übt die Kultur einen nicht unbedeutenden Einfluß darauf aus, in welchem Grade diese Füllung auftritt, und merkwürdiger Weise bedingt hier für die Mehrzahl der Fälle gerade das umgekehrte Verhältniß, namentlich kräftige Entwickelung, möglichst reichlicher Zufluß von Nahrung, die vollkommenste Füllung. Bei schlecht kultivirten Kamellien zeigen oft die sonst best gefüllten Abarten nur halb gefüllte Blumen; auf kräftige Unterlage veredelte Rosen bringen immer schöner gefüllte Blumen, als solche von schwächlicherem Wachsthum oder in einer ungeeigneten Erde im Topfe kultivirte. Es beruht dieses Verhalten jedoch mehr darauf, daß die in der Umbildung begriffenen Staubfäden in Folge unvollkommener Ernährung auch eine weniger vollkommene Ausbildung zu Blumenblättern zeigen, oder auch auf einer Vervielfältigung der Blumenblattkreise bei üppiger Entwickelung der Blumen, als in einer Herstellung des normalen Verhältnisses. Das ganz gleiche Verhältniß zeigen auch Sommer- und Winterlevkoien, nur scheint bei den letzteren eine dürftige Entwickelung in der ersten Jugend allerdings auch auf Füllung hinzuwirken, da z. B. von dem gleichen Samen solche Pflanzen, die bald ins Land in kräftige Erde gepflanzt werden, weniger ins Gefüllte schlagen, als solche, die in Töpfe in magere Erde gepflanzt werden. Vielfache Versuche in dieser Beziehung sind wünschbar.

Daß endlich auf die Füllung der Blumenköpfe der Kompositen möglichst vollständige Ausbildung des Samens vortheilhaft einwirkt, ist durch viele der Praxis entnommene Beispiele zu erweisen. So liefern die vollkommensten Spitzenblumen der Astern den Samen, der die schönsten, am vollkommensten ausgebildeten Blumen bringt. Wenn bei naßkaltem Wetter der Astersame nicht vollkommen ausreifen konnte, so erhält man im folgenden Jahre eine viel schlechtere Qualität. Die größten, schönsten Blumen, welche sich zuerst entwickelten und den vollkommensten Samen reifen, liefern hier immer den besten, die gleichen Eigenschaften bedingenden Samen. Durchaus ähnliches Verhalten zeigen überhaupt alle Pflanzen, welche man zur Erzielung möglichst großer Blumen kultivirt. Man soll hierzu den Samen der größten und wo möglich ersten Blumen des Jahres wählen. So bei den Pensees und andern mehr.

Auf Monstrositäten, die durch Krankheiten bedingt sind, sowie auf die Krankheiten der Pflanzen überhaupt, können wir erst im nächsten Bande näher eintreten.

Digitized by Google

Vierter Abschnitt.

Fortpflanzung, Dauer und Tod der Pflanzen.

Erstes Kapitel. Einleitung.

§. 32. Ueber Fortpflanzung im Allgemeinen.

Die Morphologie lehrte uns die äußere Gestalt der Organe der Fortpflanzung kennen und die Anatomie deren innern Bau. Es bleibt uns jetzt noch die Betrachtung der Entwickelungsgeschichte, sowie der Funktionen dieser Organe über, — eine Betrachtung, die sich unmittelbar an die Besprechung der für den praktischen Gartenbau so unendlich wichtigen Arbeiten und Manipulationen anschließt, die auf Vermehrung und Fortpflanzung der Gewächse Bezug haben.

Wir sagen Vermehrung und Fortpflanzung, weil wir hierdurch zugleich zwei unter sich durchaus verschiedene Fortpflanzungsarten der Gewächse, nämlich die ungeschlechtliche und geschlechtliche unterscheiden wollen.

Wir haben früher schon gesehen, daß jedes eine Mutterpflanze später fortpflanzendes Organ, ursprünglich aus einer einzigen Zelle hervorgeht. Es beruht mithin die Möglichkeit der Fortpflanzung überhaupt auf der bedingten Selbstständigkeit der Zelle, d. h. auf der den einzelnen, den Pflanzenkörper zusammensetzenden Zellen inwohnenden Fähigkeit, unter gewissen Bedingungen sich selbstständig zu einem der Mutterpflanze ähnlichen Individuum zu entwickeln.

Ungeschlechtliche Fortpflanzung heißt jene Form der Vervielfältigung einer Pflanze, wo die Vorbildung der selbstständig sich entwickelnden Zelle oder des Aggregats von Zellen in der Weise vor sich ging, daß dabei lediglich nur jene Bildungskraft in Anspruch genommen wird, welche die Ursache der Neubildung des betreffenden Organes selbst ist. Dieselbe tritt in den nachfolgenden vier Formen auf:

a. Die Fortpflanzungsorgane bestehen aus einer einfachen Zelle, welche an verschiedenen Theilen der Pflanze sich individualisirend abschnüren, oder aus dem Gewebe hervortreten kann. Es sind dieß die Keimzellen der Pilze und Algen, die wir S. 67 betrachteten.

b. Die Fortpflanzungszellen entwickeln sich schon an der Pflanze zu Zellgruppen, die aber noch keinen Unterschied zwischen Achsen- und Anhangsbildung erkennen lassen. Diese erscheinen an bestimmten oder beliebigen Stellen der Pflanze, und dienen später abfallend zur Fortpflanzung. Hierher gehören die S. 71 erwähnten Brutkügelchen oder Brutkörner der Moose, Flechten ꝛc.

c. Die Fortpflanzungszellen entwickeln sich an bestimmten Stellen der Pflanzen zu neuen Achsen, den Knospen. Diese bleiben entweder mit der Mutterpflanze vereinigt, oder sie trennen sich später von derselben und stellen dann ein neues Individuum dar, wie z. B. die Zwiebelknospen.

d. Entwickelung wie bei c, nur bilden sich einzelne Zellen des Gewebes an ganz unbestimmten Stellen zur Knospe aus, wie dieß bei allen Adventivknospen der Fall ist.

Digitized by Google

Geschlechtliche Fortpflanzung werden alle jene Formen der Vervielfältigung genannt, wo zur Hervorbildung eines, eine durchaus selbstständige Weiterentwickelung eingehenden Organs oder der jungen Keimpflanze, das Zusammenwirken zweier verschiedener Organe (männlicher und weiblicher) nothwendig ist.

Bei den blüthetragenden Pflanzen haben wir die äußere Form der Geschlechtsorgane als Antheren, die den Pollen enthalten (S. 36) und als Stempel (S. 38) mit den Samenanlagen, den Eiern oder Samenknospen (S. 41) kennen gelernt. Bei den blüthelosen Pflanzen treten die Antheridien (S. 69), mit den Samenfadenzellen an die Stelle der Antheren und die Sporenmutterzellen oder Sporenfrüchte mit den Sporen (S. 68) an die Stelle der Stempel. Es wird nun unsere Aufgabe sein, zu zeigen, wie aus einer bestimmten Zelle unter Einfluß der Befruchtung die junge Keimpflanze entsteht. Es tritt dieses Verhältniß in den folgenden unter sich wesentlich verschiedenen Formen auf.

d. Die Fortpflanzungsorgane bestehen in einzelnen Zellen (Sporen), die in einer Sporenmutterzelle oder Sporenfrucht entstanden sind. Befruchtung noch unbekannt. (Pilze, niedere Algen, Flechten.)

e. Wie d. Befruchtung geschieht durch die in den Antheridien entstandenen Samenzellen. Sie ist die Ursache der Sporenbildung, innerhalb der die Stelle des Pistills vertretenden weiblichen Organe. (Archegonien). (Ein Theil der Algen, die Charen, Moose, Lebermoose.)

f. Die Fortpflanzungszellen bilden sich im Innern von Sporenbehältern ohne Befruchtung. Beim Keimen entwickeln sie einen Vorkeim (Prothallium), der Antheridien und Archegonien trägt. In den letzteren bildet sich durch die Befruchtung mittelst der Samenfadenzellen eine Zelle zur jungen Keimpflanze um. (Farrenkräuter, Schachthalme.)

g. Die Mutterpflanze entwickelt ohne Befruchtung im Innern von Sporenfrüchten große und kleine Sporen. Die ersteren bilden beim Keimen den Vorkeim, der die Archegonien trägt, die letzteren entwickeln später die Samenfadenzellen, welche zur Befruchtung einer Zelle des Archegonium dienen, aus welcher die junge Keimpflanze hervorgeht. (Selaginellen, Wurzelfarren.)

h. Pflanzen mit Blumen. Im Innern des Eies (im Embryosack) entwickelt sich eine Zelle ohne Befruchtung zum Vorkeim, welcher durch Kontaktwirkung des Pollenkorns aus einer bestimmten Zelle (Keimbläschen) den Embryo entwickelt. (Nadelhölzer.)

i. Pflanzen mit Blumen. Im Innern des Eies (im Embryosack) entsteht eine Zelle (Keimbläschen), die durch Kontaktwirkung des Pollenkornes befruchtet sich zum Keimpflänzchen umbildet. (Alle andern blüthentragenden Pflanzen.)

§ 33. Geschlechtliche und ungeschlechtliche Fortpflanzung in ihrer Beziehung zum Gartenbau.

Beide Arten der Fortpflanzung haben für den Gartenbau fast den

Digitized by Google

gleichen Werth, während für die Landwirthschaft die ungeschlechtliche Fortpflanzung von untergeordnetem Werthe ist.

Die geschlechtliche Fortpflanzung oder die Fortpflanzung durch Sporen und Samen ist mit wenigen Ausnahmen für alle einjährigen und selbst auch für die Mehrzahl der zweijährigen Pflanzen der einzige Weg der Vervielfältigung. Allerdings gelingt es auch, die Mehrzahl der einjährigen Pflanzen durch Stecklinge zu erziehen, allein diese Stecklingspflanzen sterben wie die Mutterpflanzen im Winter ab, und so ist es doch stets fort der Samen, der einzig zur Fortpflanzung dienen kann. Ausnahmen kommen allerdings auch hier bei gewissen einjährigen Pflanzen von langer Lebensdauer vor, welche bei uns entweder schlecht oder gar keinen Samen ansetzen, und oft eine lange Reihe von Jahren hindurch in unsern Gärten lediglich durch Stecklinge fortgepflanzt werden. Als Beispiele der Art will ich hier nur an einzelne Kapuzinerkressen des tropischen Amerika's erinnern, so z. B. Tropaeolum Moritzianum, einer Pflanze, von der im Winter des ersten Jahres ihrer Einführung nur noch im Decker'schen Garten zu Berlin eine einzige Stecklingspflanze existirte, die dann die Stammmutter ward, von der alle Pflanzen stammten, die in den Jahren 1840 bis 1842 in unseren Gärten kultivirt wurden. Leichter noch gelingt es, die ebenfalls eigentlich nur einjährigen Arten der gleichen Gattung, wie T. Deckerianum, Wagenerianum, die zahlreichen Formen von Lobbianum und anderen, ausschließlich durch Stecklinge fortzupflanzen. Der schöne roth- und gelbgefüllte Portulak Chilis (Portulaca grandiflora) trägt nur selten Samen, und wird schon seit mehreren Jahren durch Stecklinge ausschließlich fortgepflanzt, wobei es jedoch häufig vorkommt, daß man selbst bei der größten Sorgfalt im Winter alle Pflanzen verliert. Auch die Formen des Phlox Drummondi, gelingt es, durch mehrere Generationen aus Stecklingen zu erhalten.

Häufiger noch sind derartige Beispiele fortgesetzter ungeschlechtlicher Fortpflanzung bei zweijährigen Pflanzen, wie z. B. bei einigen stark gefüllten Lackforten, bei den dicht gefüllten englischen Stockrosen, und manchen anderen. Wenn so die Fortpflanzung durch Samen für ein- und zweijährige Pflanzen mit nur wenigen Ausnahmen der einzige Weg der Vervielfältigung ist, so ist und bleibt dieselbe auch für alle jene Pflanzen von großer Wichtigkeit, bei denen wegen ihrer mehrjährigen Dauer die Möglichkeit der fortgesetzten ungeschlechtlichen Fortpflanzung gegeben ist. Dieses ist besonders deßhalb der Fall, weil sich die Anzucht aus Samen gemeiniglich mit viel geringerer Mühe bewerkstelligen läßt, weil sie ferner auch für viele Holzgewächse mittelbar oder unmittelbar die einzige sichere Art der Fortpflanzung ist, und weil sie endlich viele ihr eigene Vorzüge besitzt.

Daß die Fortpflanzung durch Samen, als die von der Natur vorgezeichnete Fortpflanzungsweise in den meisten Fällen, die am leichtesten auszuführende ist, das unterliegt keinem Zweifel. Nur in den Fällen, wo die Natur gleich selbstständig auftretende Knospengebilde aller Art

Digitized by Google

(Zwiebeln, Knollen, Ausläufer ꝛc.) ausbildet, da erscheint die ungeschlechtliche Fortpflanzung oft noch leichter auszuführen. Beispiele im Großen liefert die Kultur der Kartoffeln, des Topinambour, des Hopfens ꝛc.; im Garten dagegen die zahlreichen Zwiebelgewächse und ausdauernden Stauden.

Wir haben die Fortpflanzung durch Samen ferner auch als die mittel- oder unmittelbar einzig sichere für viele Holzgewächse bezeichnet. Beispiele der Art liefern die Palmen, sowie viele hartholzige aus Stecklingen nur sehr schwierig wachsende Pflanzen, oder solche, die sich wenig oder gar nicht verästeln. Mittelbar ist dieß auch der Fall bei allen Pflanzen, die wir nur durch Veredlung auf Samenpflanzen der gleichen Art oder verwandter Arten fortpflanzen, so die Mehrzahl unserer Obstarten, viele Zierbäume ꝛc., — oder die nur aus Samen gezogen oder mittelst Veredlung ihrer Gipfeltriebe auf Samenpflanzen ihren normalen Wuchs erhalten, so die meisten Tannenarten.

Die Eigenthümlichkeiten der Fortpflanzung durch Samen in Vergleich mit der ungeschlechtlichen Fortpflanzung bestehen in kräftigerem Wuchs, der sich in den ersten Jahren der Entwickelung mehr zur Holz- und Laubbildung neigt, sowie in der gegebenen Möglichkeit, durch Anzucht aus Samen neue Formen zu erziehen. Diese letztere Eigenschaft verleiht ihr für den praktischen Gartenbau eine hohe Wichtigkeit. Wir haben schon früher gesehen, daß jede Pflanzenart (vergl. § 5) sich in einer Zahl von Formen bewegen kann. Diese Formen oder Spielarten können nur durch Anzucht aus Samen erzeugt werden, und so ist diese das einzige Mittel in der Hand des Gärtners, auf Verbesserung und Veredlung der Racen hinzuwirken. Da hierbei aber auch noch ein anderes Moment, nämlich die Erzeugung neuer Formen, durch geschlechtliche Verbindung zweier verschiedener Arten (Bastardbefruchtung) zu berücksichtigen ist, so werden wir auf diesen Punkt erst bei der Besprechung jener näher eintreten können.

Die ungeschlechtliche Fortpflanzung oder die Vermehrung mittelst einzelner zu diesem Behuf von den Pflanzen mit vollkommener Selbstständigkeit ausgerüsteter Organe (Keimzellen, Brutkörner, Zwiebeln, Knollen ꝛc.), oder durch künstliche Einwirkung auf selbstständige Entwickelung einzelner mit bedingter Selbstständigkeit ausgerüsteter Organe (Knospen und überhaupt alle durch vorgebildete Knospen oder Auftreten von Adventivknospen bedingten Vermehrungsarten), vereinigt als Vorzüge, gerade die Gegensätze zur geschlechtlichen Fortpflanzung in sich.

Sie tritt daher an die Stelle der Fortpflanzung aus Samen, wenn sie schnellere und sicherere Resultate gibt, wenn ferner durch sie auf das Wachsthum zurückgewirkt werden soll, und wenn es endlich die Aufgabe ist, die spezielle Form mit allen ihren Eigenthümlichkeiten fortzupflanzen.

Viele unserer Gartenpflanzen tragen in Kultur nur selten oder spät Samen. Zu diesen gehört die Mehrzahl unserer Kalt- und Warmhauspflanzen, welche großentheils durch Stecklinge fortgepflanzt werden. Bei anderen, wie bei den vielen Zwiebelgewächsen, Stauden, Knollengewäch-

Digitized by Google

sen ꝛc., die durch Theilung vermehrt werden, liefert diese letztere Art gleich starke erwachsene Pflanzen und wird dadurch also Zeit erspart.

Das Knospenindividuum, wie wir die aus ungeschlechtlicher Vermehrung hervorgehenden selbstständigen Pflanzen nannten (vergl. § 5), besitzt eine schwächlichere, weniger zur Holzbildung geneigte Entwickelung und blühet in Folge dessen leichter und besser. Es lebt gleichsam als selbstständig gewordener Zweig einer Mutterpflanze fort, der die Periode seiner Holzbildung schon durchgemacht und in die Periode der Blüthenbildung eingetreten ist. In dieser Beziehung nur ein Beispiel. Der hiesige Garten erhielt im Frühling 1853 Samen einer neuen Salvia (Salvia Herii) von dem bekannten Reisenden Warscewicz aus Peru, mit der Bezeichnung Salvia, blühet das ganze Jahr. Diese Samen wurden sogleich ausgesäet und lieferten bis zum nächsten Herbste zwei Pflanzen, die zwei Fuß hoch wurden, aber noch keine Spur von Blüthenbildung zeigten. Im Sommer 1854 erwuchsen sie zu drei bis sechs Fuß hohen breiten Büschen, blühten aber nicht, die Bezeichnung „blühet das ganze Jahr“ schien sich daher nichts weniger als zu rechtfertigen. Im Winter 1854 auf 1855 bedeckten sich dagegen beide Pflanzen mit einer Masse von Blüthenknospen, und gleichzeitig zeigten auch im Sommer 1854 erzogene Stecklingspflanzen von ein Fuß Höhe zahlreiche Blüthenknospen.

Es ist dieß nur ein Beispiel, welches uns gerade nahe liegt, ähnliche könnten aber massenhaft aufgeführt werden. Wir erinnern hier nur an das ähnliche ungleiche Verhältniß von Samen- und Stecklingspflanzen von Pelargonien, vom Weinstock, — an Kernstämme und veredelte Exemplare von Obstbäumen ꝛc. — Es ist daher eine allgemeine, auf Erfahrung basirte Regel, Pflanzen, die verhältnißmäßig früh und bei geringen Größenverhältnissen zur Blüthe gebracht werden sollen, durch Stecklinge zu vermehren. Falsch ist es dagegen, wenn behauptet wird, daß Samenpflanzen überhaupt nicht so reichlich blühten als Knospenindividuen, denn wenn bei den ersteren die Periode der Laubbildung erst einmal vorüber, so tragen sie eben so dankbar Blumen und gemeiniglich bessere und größere Früchte, ja oft sogar in dem ersten Jahre ihrer Blüthe größere und schönere Blumen, als die ungeschlechtlich vermehrten. Bekannt ist dieß z. B. von den Samenpflanzen der perennirenden Phlox. Endlich ist es sogar erwiesen, daß Fortpflanzung durch Stecklinge, durch viele Generationen hindurch, sogar auf Unfruchtbarkeit oder Ausbildung unvollkommener Früchte zurückwirkt, indem durch den Mangel der normal vorausgehenden Periode der Holzbildung, die Pflanze, wie es scheint, nicht so viel Nahrungsstoffe in sich aufspeichern kann, als ihr zur vollkommenen Ausbildung der Frucht und oft auch des Pollens und Eierstockes nothwendig. Beispiele der Art liefern viele Pflanzen, z. B. die gelbe strauchige Calceolarie (Calceolaria rugosa), von der Stecklingspflanzen keinen Samen ansetzen, während Samenpflanzen, ja selbst aus Samen erzogene Bastarde mit krautartigen Calceolarien, dankbarer Samen ansetzen. Die gleiche Erscheinung zeigen die seit langer Zeit in unseren

Digitized by Google

Gärten lediglich durch Stecklinge fortgepflanzten Salvien, die indischen Azaleen, Fuchsien, Pelargonien u. a.

Im geringern Grade macht sich dieser Einfluß bei der Fortpflanzung durch die Theilung oder selbstständige Knospengebilde geltend, weil hier überhaupt auf die normale Entwickelung keine Rückäußerung sich geltend macht. Bei Veredlungen auf Samenpflanzen stellt der das Edelreis ernährende Wildling das Gleichgewicht wieder her.

Am wichtigsten wird die ungeschlechtliche Vermehrung durch ihre Eigenheit, die Mutterpflanze in all ihren Eigenthümlichkeiten, d. h. die spezielle Form der Art fortzupflanzen. Selbstverständlich ist dieß nur auf Spielarten mehrjähriger Pflanzen anwendbar. Von diesen sind z. B. diejenigen mit gefüllten unfruchtbaren Blumen ausschließlich auf diese Art der Vermehrung angewiesen und bei anderen Abarten gewährt nur sie die sichere Aussicht auf Erhaltung der Form. Die vorzugsweise Fortpflanzung unserer Obstsorten mittelst der Veredlung, sowie die Fortpflanzung der zahlreichen Spielarten unserer mehrjährigen Gartenpflanzen ꝛc. liefern hierzu Belege in großer Zahl.

Dagegen sind hier zwei Fragen noch zu beantworten, ob nämlich 1. in Folge lang fortgesetzter Fortpflanzung durch ungeschlechtliche Vermehrung ein Ausarten der speziellen Form und Rückkehren zum Normaltypus erfolgt? und ob 2. die durch ungeschlechtliche Fortpflanzung erzogenen Generationen eine begrenzte oder eine unbegrenzte Dauer besitzen?

Die erstere dieser beiden Fragen können wir dahin beantworten, daß alle Abarten der Art, welche lediglich durch Einfluß von Standort, Klima, Boden und andere äußere Verhältnisse entstanden sind, auch durch ungeschlechtliche Vermehrung fortgepflanzt, das Bestreben zeigen, zu ihrer Normalform zurückzukehren, wenn sie mit derselben unter gleiche äußere Verhältnisse gebracht werden. Es kann sich daher auch das Knospenindividuum in einem gewissen, durch äußere Verhältnisse bedingten Formenkreis bewegen. So zeigt z. B. die gleiche Obstsorte in verschiedenen Gegenden am alten und am jungen Baum, am Spalier und auf dem Hochstamm verschiedene Formen. So können gestreifte Blumen und zweifarbige Früchte in eine der Grundfarben zurückschlagen, wie z. B. gestreifte und gespitzte Dahlien, die zweifarbige Traube ꝛc. Wuchs, Behaarung, Zahl, Blattform, kurz alle jene durch Standort und Kultur bedingten oder rein zufälligen Formen werden bei der ungeschlechtlichen Vermehrung ganz die gleichen Abänderungen zeigen, die auch das Mutterindividuum selbst bei veränderten Bedingungen eingeht.

Dagegen gibt es eine Zahl anderer Abänderungen der Art, welche nicht durch äußere Verhältnisse bedingt werden, sondern deren ursächlicher Grund schon im Samen begründet war, aus dem jene Form hervorging. Es ist dieß die Reihe jener beständigen Formen, welche ihre Eigenthümlichkeiten theils ziemlich, theils durchaus konstant beibehalten und mittelst der

Digitized by Google

ungeschlechtlichen Vermehrung auch im gleichen Verhältnisse auf die folgenden Generationen fortpflanzen.

Zu jenen ziemlich, aber nie durchaus konstanten Formen gehören z. B. die Abänderungen mit gefüllten Blumen, mit anders gefärbten Blättern und Blumen, mit geschlitzten Blättern ꝛc., die wir schon S. 305 einläßlicher betrachteten. Sowie diese mehr zufällig entstanden, können sie auch zufällig zuweilen abändern, wie z. B. das bisweilen gleichzeitige Vorkommen grüner und zweifarbiger Blätter, blauer und mißfarbner Trauben ꝛc., auf der gleichen Mutterpflanze hinlänglich beweiset.

Diesen schließt sich die Reihe jener, individuell unter allen Verhältnissen durchaus konstanter Formen an, welche unter unsern Kulturpflanzen sehr häufig sind und die eben so wenig an dem Mutterindividuum noch ungeschlechtlich fortgepflanzt eine Veränderung ihrer typischen (die sich aber immer auch in einem gewissen durch äußere Verhältnisse bedingten Formenkreis bewegen kann) Form zeigen. Hierher gehören die in bestimmten Eigenschaften durchaus konstanten zahlreichen Obstsorten und eine große Masse von Zier- und Nutzpflanzen aller Art. Solche konstante Abarten sind nach unserer speziellen Ansicht nicht zufällige Produkte der Kultur oder Spielereien der Natur, sondern sie sind durch geschlechtliche Vermischung verschiedener Typen entstanden, eine Ansicht, die wir später noch näher begründen werden.

Die zweite Frage, ob die durch ungeschlechtliche Fortpflanzung erzogenen Generationen gleich der Mutterpflanze eine begrenzte oder unbegrenzte Dauer haben, war in den letzten Jahren mit der ersten Frage gewissermaßen vermischt, der Gegenstand einer Preisfrage des Fürsten Demidoff. Sie fand durchaus entgegengesetzte Beantwortung.

Wir sind der Ansicht, daß das Individuum aller mehrjährigen Pflanzen in dem Sinne der Demidoff'schen Preisfrage, d. h. wenn auch alle auf ungeschlechtlichem Wege gewonnenen folgenden Generationen dem Begriffe des Individuums einverleibt werden (eine Anschauungsweise, die wir jedoch keineswegs theilen), eine durchaus unbegrenzte Dauer besitzt. Die ungeschlechtliche Fortpflanzung leistet in dieser Beziehung ganz das Gleiche, was die geschlechtliche. Während das Mutterindividuum nach einer gewissen Reihe von Jahren dem Tode anheimfällt, ist jedes Knospenindividuum wieder mit der gleichen Lebensdauer wie das Mutterindividuum ausgerüstet. Das Mutterindividuum mit Inbegriff aller seiner auf diesem Wege gewonnenen folgenden Generationen würde demnach eine unbegrenzte, nur zufällig oder durch Ungunst äußerer Verhältnisse aufhörende Dauer besitzen. Dieß wenigstens geht aus allen uns zu Gebote stehenden Beobachtungen hervor, indem z. B. die Trauerweide die gleiche Kraft des Wachsthums zeigt, obgleich sie seit mehr als zweihundert Jahren ungeschlechtlich vermehrt wird und die Stammeltern der jetzt in unseren Gärten vegetirenden Bäume dieser Pflanze schon längst wieder der Verwesung anheimgegeben sind.

Digitized by Google

Aehnlich verhalten sich unsere Obstsorten, die zum Theil nachweislich schon eine lange Reihe von Jahren lediglich durch ungeschlechtliche Vermehrung fortgepflanzt werden und doch in ihren jüngsten Generationen stets die ursprüngliche Kraft des Wachsthums und gleiche Dauer zeigen. Wenn in diesem Falle auf einem alten Baume die Sorte kleiner und unscheinbarer wird, so ist das lediglich durch das Alter des betreffenden Individuums bedingt, denn Fortpflanzung durch Edelreiser oder selbst Verjüngung des Baumes mittelst Zurückschneiden auf junge kräftige Triebe stellt die ursprünglichen Eigenschaften wiederum her. Nur in einer Richtung kann das Erlöschen des Mutterindividuums in den folgenden Generationen angebahnt werden, wenn man sich nämlich zur Fortpflanzung nicht der von der Natur hierzu bestimmten kräftigen vegetativen Organe, sondern wiederholt der nur zum Tragen von Blumen bestimmten Verästelungen bedienen würde.

Herr Dr. Jessen, dessen Beantwortung der Demidoff'schen Frage gekrönt ward, kommt gerade zu der unserer Ansicht entgegengesetzten Annahme. Derselbe geht von der Ansicht aus, daß die Sterblichkeit des Individuums durch alle Verhältnisse in der Natur hindurchgehe, und stützt seine Ansicht, daß die ungeschlechtlich fortgepflänzten Generationen eines Mutterindividuums zuletzt ebenfalls dem Tode anheimfielen, auf die Pflanzenkrankheiten. Diese Krankheiten sind aber nie Folge des Alters der Sorte, sondern immer die Folge äußerer Einflüsse und unzweckmäßiger Kultur. Sie zeigen daher den durchaus gleichen Einfluß auf schon seit hundert Jahren bekannte Sorten, wie auf solche, die erst kürzlich aus Samen erzogen wurden. Gerade die Krankheiten der Obstbäume, Kartoffelkrankheit, Weinkrankheit hätten Herrn Jessen dieses beweisen müssen.

Zum Schlusse noch ein Wort über Individualität. Den Begriff eines Individuums stellten wir in § 5 fest. Wir folgten dabei weder der Vorstellung, welche jede Knospe für ein Individuum und den Baum für ein Aggregat von Individuum ähnlich einem Polypenstock erklärt, noch der Ansicht Link's, welcher in dieser Beziehung sagt, der Same setzt die Art, die Knospe das Individuum fort. — Wir unterschieden zwischen Geschlechts- und Knospenindividuen, weil beide wie in ihrem Entstehen, so in ihrem spätern Verhalten bedeutende Verschiedenheiten von einander zeigen, und eine Nebenachse, die einen andern Bau als die Hauptachse zeigt, zur selbstständigen Entwickelung gebracht, als Nebenachse fortlebt, wie dieß z. B. bei unseren Tannenarten der Fall ist. Damit sind wir aber weit entfernt, dem Geschlechtsindividuum einen höheren Grad der Invividualität beizumessen, als dem Knospenindividuum. Wir dehnen somit den Begriff des Individuums nicht auf die folgenden, durch ungeschlechtliche Vermehrung hervorgehenden Generationen aus, wie es Link's Ansicht genau genommen thut, und wie auch der Standpunkt ist, von dem die Demidoff'sche Frage die ungeschlechtliche Vermehrung behandelt. Auch aus diesem Gesichtspunkte können wir daher mit der Beantwortung jener Frage durch Jessen keineswegs

Digitized by Google

harmoniren. Wir müssen in dieser Beziehung geschlechtliche und ungeschlechtliche Fortpflanzung auf die durchaus gleiche Stufe stellen, um so mehr als auch der Same, manche der Formen unserer Kulturpflanzen, oft ziemlich konstant fortpflanzt, wie dieß z. B. bei unseren Möhrensorten, den Runkelrüben und vielen anderen durch Einfluß der Kultur gewonnenen Spielarten unserer Nutz- und Zierpflanzen der Fall ist. Es liefern somit beide Arten der Fortpflanzung durchaus selbstständige Individuen. Während aber die Geschlechtsindividuen, als von Anfang an zur selbstständigen Entwickelung bestimmt, sich in allen Formen des Formenkreises der Art bewegen können, bleiben den Knospenindividuen zufolge ihrer Entstehung als Theile des Ganzen, auch alle Eigenthümlichkeiten der Mutterpflanze insoweit erhalten, als diese an der Mutterpflanze selbst unter veränderten äußeren Verhältnissen keine Abweichungen zeigen.

Zweites Kapitel. Die ungeschlechtliche Fortpflanzung.

§ 34. Durch Keimzellen und Brutkörner.

Je niedriger eine Pflanze organisirt, je mehr treten die sie bildenden Zellen als in einzelnen Richtungen mit einer gewissen Selbstständigkeit ausgerüstete Organe auf. Zu je höherer Vollkommenheit die Pflanze sich entwickelt, je mehr werden die verschiedenen Richtungen der Lebensthätigkeit bestimmten Organen übertragen, je mehr erscheint die einzelne Zelle den Zwecken des Ganzen untergeordnet und je mehr tritt das individuelle Leben derselben zurück.

Diese Momente sind es, welche bei der ungeschlechtlichen Vermehrung in gewisser Weise bestimmend einwirken. Die niedrigst organisirten Pflanzen, die einzelligen Algen und Pilze, sie zerfallen durch Theilung der einen sie bildenden Zelle auf die einfachste Weise in zwei bis vier neue Pflanzen (vergl. Fig. 41, a, b, und Fig. 38, b). Bei den fadenförmigen Schimmelpilzen (Fig. 41, c, d), sowie bei den räthselhaften Vaucherien, da schnüren sich einzelne Keimzellen von den Enden der der Fäden ab. Bei den Algen treten oft zusammengehäufte Zellen seitlich hervor (Fig. 41, f'), von denen jede das Vermögen besitzt, die Pflanze zu reproduziren. Sie sind aus verkümmerten Verästelungen hervorgegangen. Bei den Flechten und Lebermoosen, da entstehen oft auf der ganzen Oberfläche kleine pulverartige Körner, die Brutkörner (Gonidien) dieser Pflanzen, aus denen sich wieder neue Pflanzen entwickeln. Bei den Lebermoosen tritt eine derartige Bildung zuweilen in besonderen Organen auf, die z. B. bei den auf den Blumentöpfen und an feuchten Orten auf Torferde ꝛc. häufiger wachsenden Marchantien und Lunularien, jenen hellgrünen, mit blattartigem Lager dem Boden nach kriechenden Pflanzen, eine ganze oder halbirte Becherform besitzen. Es grenzt die Bildung dieser aus Zellenkomplexen bestehenden Brutkörner schon an die Knospenbildung der höheren Pflanzen an, doch besteht das ganze Gebilde nur aus einem zelligen Knötchen.

Auch bei den Moosen kann noch jede der oberflächlich liegenden

Digitized by Google

Zellen sich unter besondern Umständen zu neuen Individuen entwickeln. Nach Schimper's Untersuchungen geht dieß stets in der Weise vor sich, daß sich entweder aus einer Zelle der Blätter oder der Haftwurzeln ein zelliges Knötchen heranbildet, oder daß solche Zellen in konfervenartige Fäden auswachsen, die dann solche Knöspchen entwickeln. Es geht hieraus zur Genüge hervor, daß bei den niederen Pflanzen das Zellenleben der einzelnen an der Bildung derselben Theil nehmenden Zellen sich noch viel weniger dem Zweck des Ganzen unterordnet, wie dieß bei den höheren Pflanzen der Fall ist. Wenn man daher bei den letzteren den Baum als aus so viel Individuen zusammengesetzt betrachten wollte, als er Knospen entwickelt hat und trägt, so würde man mit dem gleichen Rechte die niederen Pflanzen als aus so viel Individuen zusammengesetzt betrachten müssen, als sie Zellen besitzen.

§ 35. Die Knospe als Organ der ungeschlechtlichen Fortpflanzung der höheren Gewächse.

Die Knospe, Blattknospe oder Auge, lernten wir S. 21 kennen, und im § 24 haben wir deren Bedeutung in Bezug auf Holzbildung einläßlicher besprochen, und dabei zugleich gesehen, daß Holz- und Wurzelbildung in innigster Beziehung zu einander stehen.

Jede Art der ungeschlechtlichen Vermehrung der höhern Gewächse beruht auf der bedingten oder unbedingten Selbstständigkeit der Knospe, oder läßt sich auf eine wachsende beblätterte Achsenspitze (einer in der Entwickelung begriffenen Knospe) oder auf die Bildung von Adventivknospen zurückführen. Blätter vermögen zwar aus sich sehr häufig Wurzeln zu entwickeln, aber erst wenn sich auch Knospen an denselben entwickeln, können sie zur ungeschlechtlichen Fortpflanzung dienen.

Man hat die Ansicht, daß die Knospe unserer ausdauernden Pflanzen als eine einfache Pflanze zu betrachten sei, z. B. auf die Thatsache gegründet, daß manche Knospen sich zu neuen Individuen auf natürliche Weise an einer Mutterpflanze ausbilden, indem sie wie der Same später abfallen und als Organe der Vermehrung dienen, so z. B. die Zwiebelknospen; oder daß es zuweilen gelingt, die ausgebrochenen Knospen unserer Bäume zur selbstständigen Entwickelung zu bringen, indem man sie wie die Zwiebelknospen und Samen aussäet. Uns ist dieser letztere Fall noch nicht vorgekommen, dagegen wird er von Schleiden behauptet, wir müssen aber unsere bescheidenen Zweifel in die Richtigkeit dieser Angabe setzen.

Die selbstständige Fortentwickelung jedes Knospengebildes oder des aus der Knospe hervorgegangenen Zweiges wird durch seitliches Abtreten von Wurzeln (Nebenwurzeln, Adventivwurzeln, vergl. S. 6) bedingt, oder durch die Bildung von jungem Zellgewebe, welches die Verbindung mit einer andern Pflanze herstellt. Das erstere tritt bei allen selbstständigen Knospengebilden von selbst auf, oder wird künstlich bei der Vermehrung durch Stecklinge erzeugt, — das letztere findet bei den Veredlungen statt.

Digitized by Google

Im § 24, c, d, e, lernten wir schon die Bedingungen kennen, unter denen die Wurzelbildung an abgeschnittenen Pflanzentheilen auftritt, — wir sahen, daß diese stets mit der Bildung der jungen Holzschicht Hand in Hand geht und daß sie deponirten oder bereits verarbeiteten Nahrungsstoffen ihren Ursprung verdankt. Wurzelbildung kann daher überall auftreten, wo noch Nahrungsstoffe umgebildet und verarbeitet werden, und sie kann daher ebensowohl von einem Blatt ohne Knospen, wie von einem Zweige mit im Ausbrechen begriffenen Knospen, oder einem in voller Vegetation begriffenen Zweige überhaupt ausgehen. Es können somit einzelne Pflanzentheile, wie gerade Blätter oder auch an Nahrungsstoffen reiche knollige Wurzeln lebhafte Bewurzelung zeigen, ohne Knospen zu bilden. Erst durch Erzeugung der letzteren werden sie zu selbstständigen Individuen. Es erscheint somit die Wurzelbildung gleichzeitig von dem Vorhandensein eines bildungsfähigen Stoffes (Kambium), sowie von den verarbeitenden Organen überhaupt, die selbstständige Weiterentwickelung eines Pflanzentheils aber zur neuen Pflanze außerdem noch von dem Vorhandensein einer wachsenden Achsenspitze (Knospe) abhängig. Die Ansicht aber, welche die Bewurzelung nur vom Einfluß der Knospe abhängig macht, ist, wie die angeführten Beispiele zeigen, durchaus falsch, sondern umgekehrt hängt die Bewurzelung der Knospe von den verarbeitenden Organen derselben (Blätter) oder von in ihr deponirten bildungsfähigen Stoffen ab.

Wenden wir dieß auf das weite Gebiet der ungeschlechtlichen Vermehrung der höheren Gewächse an, so resultirt das Folgende:

a. Alle solche von einer Mutterpflanze getrennten Knospengebilde werden eine selbstständige Weiterentwickelung zum neuen Individuum zeigen, die reich an abgelagerten Nahrungsstoffen, wie die Zwiebeln und Zwiebelknospen.

b. Ueberall, wo eine einzelne Knospe diese Anhäufung von Nahrungsstoffen nicht zeigt, wird sie für sich allein sich nur in sehr seltenen Fällen zum selbstständigen Individuum weiter bilden können. (Uns ist kein solcher Fall bekannt, Schleiden nennt die Knospen unserer Waldbäume, sagt aber nicht, wer dieß beobachtet.)

c. Wo ausgebildete Knospengebilde auf einem an Nahrungsstoffen besonders reichen Achsengebilde ruhen, entwickeln sich diese Knospen auf Kosten der in ersterem aufgespeicherten Nahrung und treiben zugleich Nebenwurzeln, so die Augen der Knollen der Kartoffeln, Topinambour ꝛc.

d. Wo Knospen auf einem gewöhnlichen Achsengebilde befestigt sind, wird deren Entwickelung und die Bewurzelung des Zweiges wesentlich von der Menge der deponirten Stoffe abhängen. Hierauf beruht die Bewurzelung des Steckholzes zur Zeit des Triebes im Frühling.

e. Einzelne gewöhnliche Knospen werden nur dann mit einiger Sicherheit zur selbstständigen Entwickelung gebracht, wenn man ihnen ein verarbeitendes, an Nahrungsstoffen reiches Organ läßt, welches die Bewurzelung veranlaßt und damit die Entwickelung der Knospe bedingt.

Digitized by Google

Hierauf beruht die Vermehrung durch Knospen, welche man sammt einem kräftigen Blatte aus dem Achsengebilde ausschneidet.

f. Wo nur die Knospe mit einem Theil der Achse, auf dem sie ruht, ausgeschnitten wird, ist die selbstständige Weiterentwickelung schon viel problematischer. Bekanntlich gelingt dieses Experiment beim Weinstock, mittelst der ausgestochenen Augen der Kartoffel ꝛc. Die Bewurzelung geht hier wie bei der Zwiebelknospe aus aufgespeicherten Nahrungsstoffen vor sich.

g. Die in Vegetation befindlichen Zweige besitzen unter gewissen Vorsichtsmaßregeln, welche darauf hinarbeiten, eine möglichst natürliche Ernährung und Erhaltung der verarbeitenden Organe bis zur Bewurzelung zu erzwecken, ihrer großen Mehrzahl nach das Vermögen sich zu bewurzeln und zu selbstständigen Individuen zu entwickeln. Hierauf beruhen die verschiedenen Arten der Vermehrung durch Stecklinge in Warmbeeten, unter Glocken ꝛc.

h. Blattstecklinge und Wurzeln können nur durch Auftreten von von Adventivknospen zu neuen Individuen werden.

i. Die zweite Form der ungeschlechtlichen Vermehrung, die zahlreichen Formen der Veredlung, kann nur durch Aufsetzen von mit Knospen besetzten Zweigen oder wachsenden Zweigen bedingt werden. Zum Gelingen dieser Operation ist es nothwendig, daß beide Pflanzen so nahe mit einander verwandt sind, daß der Nahrungssaft des Wildlings den aufgesetzten Schmarotzer zu ernähren vermag, daß Wildling und Edelreis gleichzeitig in Saft treten, und daß die Verbindung unter einander eine natürliche (d. h. daß Rinde auf Rinde ꝛc.) sei. Die speziellen Fälle werden wir später kennen lernen.

Wenn wir somit die Knospe, deren Formen und die aus der Knospe hervorgegangenen Achsengebilde als einziges Organ der ungeschlechtlichen Vermehrung erkannt haben, so wollen wir nun schließlich noch einen kurzen Blick auf die verschiedenen Formen der Knospe werfen.

Nur die Knospen, welche die Anlage zu beblätterten Zweigen darstellen und nicht in Blüthen übergehen, können zur ungeschlechtlichen Vermehrung dienen, denn mit der Blüthe erlischt das Spitzenwachsthum der Achse. Wir sahen ferner, daß die Blumen nur Stoffe konsumiren, nicht aber solche ähnlich den Blättern verarbeiten, und es wird also auch in dieser Beziehung die Wurzelbildung, welche ebenfalls deponirte oder verarbeitete Stoffe in Anspruch nimmt, wenn solche an Aesten stattfinden soll, die Blätter und Blumen zugleich tragen, entweder vermindert oder ganz verhindert. Knospen, welches die Anlagen von Blüthen oder Blüthenständen sind, können daher nie zur Vermehrung dienen. Wohl gibt es einzelne Blüthenstände, die mehrere Jahre dauern, so der des Oleander, der Hoya carnosa, des Oncidium Papilio ꝛc., aber es entwickeln diese immer nur wieder Blüthenknospen, oder eine andere Art von Knospen, die wir besonders betrachten wollen. Da aber, wo die holzige Pflanze ihre Blüthen und Blüthenstände immer in den Achseln der obersten Blätter der Verästelungen trägt, wie dieß bei sehr vie-

Digitized by Google

len Pflanzen der Fall ist, da bringen solche Zweige wohl auch wieder Blattknospen; aus ihnen entwickeln sich aber nur sehr schwächliche Aeste, die sehr bald wieder Blumen tragen. Werden solche Aeste zu Stecklingen oder Edelreisern benutzt, so gelingt es zwar sehr häufig noch, sie auch zur Wurzelbildung zu veranlaßen, aber die daraus erzogenen Pflanzen bleiben schwächlich, zeigen kein gedrungenes Wachsthum und immer wieder neue Aeste mit Blüthenzweigen. Wir wollen hier nur an die schwächlichen Pflanzen erinnern, die aus den obersten Aesten der Pelargonien nach dem Abblühen derselben erwachsen. Ganz das gleiche Verhältniß findet aber bei einer Menge anderer Pflanzen statt, und es ist daher bei der Wahl des Stecklings stets die Aufgabe, auf gesundes Holz, was keine Blüthenknospen trägt oder getragen hat, zu sehen. Der praktische Gärtner weiß dieß und wählt deßhalb eine Zeit, wo er sicher ist, daß die zu Stecklingen gewählten Aeste keine Blumen bringen, oder sucht sich solche Zweige aus, von denen er voraussetzen kann, daß sie keine Blumen entwickelr. Wo aber dennoch Blumen vor erfolgter Bewurzelung erscheinen sollten, werden diese sorgfältig ausgebrochen oder die Spitzen ausgekneipt.

Als den Normaltypus einer Knospe betrachten wir jene in so hohem Grade ausgebildeten Knospen unserer Bäume mit hinfälligem Laube, welche diese schon im Herbste für den folgenden Jahrestrieb vorbilden. (S. Fig. 12.) Während hier eine verkürzte Achsenspitze, welche die Fähigkeit besitzt, sich zu einem Zweig zu verlängern, von zahlreichen schuppenförmigen Blättchen umhüllt ist, sind die Knospen der immergrünen Pflanzen, oder die der unterirdischen Stengelgebilde, oft nur von einem einzigen schuppenförmigen Blättchen umhüllt, oder es kann dieses auch wohl gänzlich fehlen. Die zur Weiterbildung geeignete Achsenspitze, der Knospenkern, muß aber als wesentlichster Theil immer zugegen sein.

Die Stellung der Knospen ist gemeiniglich eine durchaus bestimmte, nämlich auf der Spitze der Verästelungen und in den Achseln der Blätter. Die letzteren bilden sich jedoch selten alle zu Nebenachsen aus. Durch Wegscheiden des obern Theiles des Zweiges kann jedoch meist auf deren Entwickelung hingewirkt werden.

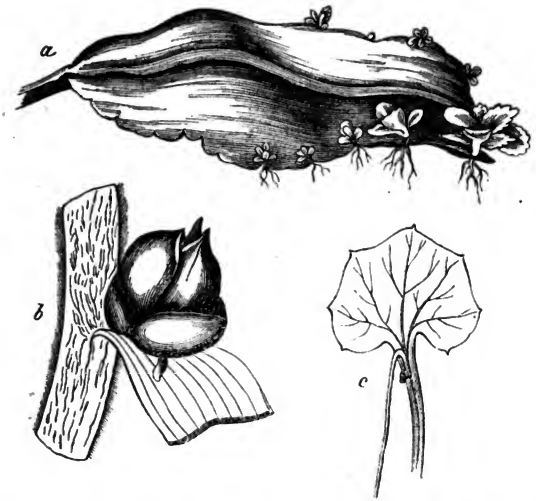
Außer diesen an bestimmten Stellen auftretenden Knospen können sich aber auch noch an den verschiedensten Stellen des Achsengebildes und selbst der Blätter zufällig auftretende Knospen ausbilden, die wir als Adventivknospen kennen lernten. Treten diese an ausdauernden Achsen auf, so entspringen sie aus dem oberflächlich liegenden Zellgewebe und an älteren Stämmen aus den Markstrahlen. Sie verhalten sich in ihrer weitern Entwicklung durchaus wie normal auftretende Knospen, indem von ihnen aus die Bildung der neuen Holzschichte sich über die ganze Mutterachse ergießt, d. h. sie nehmen an der Bildung der Jahresringe des Stammes durchaus den gleichen Antheil, wie an bestimmten Stellen auftretende Knospen.

Durchaus verschieden verhalten sich aber alle Adventivknospen, die an Blättern oder auch an Achsen auftreten, welche der ferneren Ver-

Digitized by Google

ästelung durch beblätterte Zweige nicht fähig sind. Bei diesen geht der in die Knospe gelangende und von derselben verarbeitete Bildungsstoff nicht in den Pflanzentheil zurück, der solche Adventivknospen trägt, und in Folge dessen zeigen solche Knospen stets eine Ausbildung zum neuen

Fig. 59 b.



Individuum. Es geschieht dieß jedoch auf doppelte Art. Bei der ersten Art wird der Bildungsstoff zu Reservenahrung umgebildet und in dem Achsengebilde der Knospe oder in den Knospenschuppen abgelagert. Hieraus entstehen die Zwiebelknospen (Fig. 59 b, die Zwiebelknospe einer Lilie) und Knollenzwiebeln, welche sich in den Blattachseln vieler Lilien, der Achimenen, mancher Begonien, auf den Blättern mancher Aroideen und zwischen den Blüthenständen der Laucharten, des Polygonam viviparum und vieler anderer Pflanzen bilden. Sie pflanzen die Pflanze eben so sicher fort, wie die Samen und man nennt daher auch Pflanzenarten, an denen dieß regelmäßig vorkommt, lebendig gebärende Pflanzen.

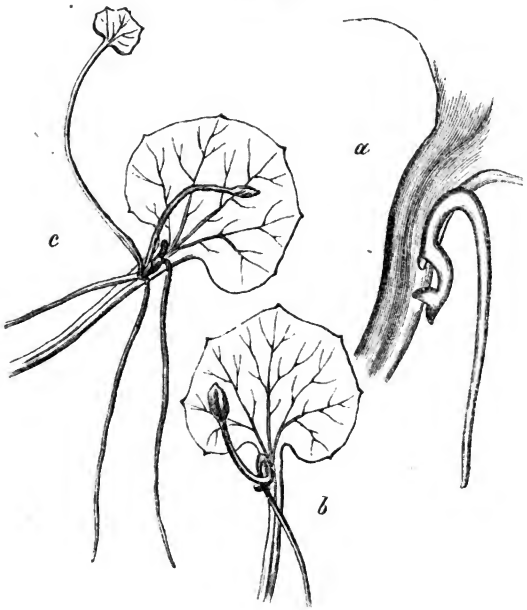
Die zweite Art der selbstständigen Entwickelung solcher Adventivknospen findet in der Weise statt, daß keine Stoffe in denselben deponirt werden, sondern sofort die Bildung von Blättern und Achsengliedern beginnt. Der verarbeitete Bildungssaft wird zurückgeführt und tritt am Grunde der Knospe nicht in das Mutterorgan über, sondern in Form von Wurzeln ab. Diese Art der Entwickelung von Adventivknospen wird regelmäßig auf den Wedeln mancher Farrenkräuter (Woodwardia radicans, Diplacium celtidifolium, Gymnogramme Linkiana) und in den

Digitized by Google

Kerbzähnen des Blattes von Bryophyllum calycinum beobachtet, wovon Fig. 59 a eine Darstellung gibt. Zufällig wird ferner eine ähnliche Knospenbildung zuweilen an Blättern anderer Pflanzen beobachtet, so z. B. an Cardamine pratensis, Brassica oleracea, Ranunculus bulbosus, Eucomis regia, Malaxis paludosa, auf den Blättern mancher Begonien, namentlich häufig auf denen der B. incarnata-manicata, ja selbst an den fleischigen Cotyledonen mancher Leguminosen u. a. m. Der Verfasser beobachtete sie im Winter 1855 an einem Pflänzchen von Cardamine hirsuta, welches zufällig auf einem Topfe im Warmhause gekeimt hatte. Hier trug jedes Blatt unmittelbar am Grunde des Spitzenblattes auf der obern Seite des Blattstieles ein solches Knöspchen, dessen ganz eigenthümliche Entwickelung sich in der folgenden Weise verhielt.

Es entstand zunächst ein zelliges Knötchen an der bezeichneten Stelle, eine Bildung, die durchaus an die Brutkörner der Moose und Lebermoose erinnert. Dieses Knötchen wächst dann gleichzeitig nach unten in ein junges erstes Blättchen, nach oben in ein Würzelchen aus. Das erste Würzelchen krümmt sich dann aber sehr bald um und dem Erdboden zu und zeigt eine so viel schnellere Entwickelung, daß wenn dem unbe-

Fig. 60.



Digitized by Google

waffneten Auge das erste Blättchen noch nicht erkennbar ist, das erste Würzelchen schon die Länge von einen halben Zoll besitzen kann. Fig. 59 c zeigt diese Bildung schwach vergrößert und Fig. 60 a gibt eine stärkere Vergrößerung von einem noch jüngern Zustande. Die letztere Figur zeigt besonders deutlich das nach unten gerichtete erste junge Blättchen und am Grunde bereits den Anfang zu einem neuen Blättchen; das nach oben gerichtete, dann aber zurückgebogene Würzelchen ist auf beiden Figuren deutlich; Fig. 60 b und c geben zwei spätere Zustände. Das anfangs nach unten gerichtete Blättchen erhebt sich und am Grunde desselben entstehen an der wachsenden Spitze des Knöspchens neue Blätter und aus dem neuen Achsengebilde entstehen seitlich neue Nebenwurzeln. Wenn diese Entwickelung einer selbstständigen Adventivknospe einerseits lebendig an die unvollkommenen Knospengebilde der Zellenpflanzen erinnert, so grenzt sie anderseits insofern an die Entwickelung des Embryos im Samen an, als hier das Knospengebilde nach der einen Seite die ersten Blätter und nach der andern Seite ein Hauptwürzelchen entwickelt. Wie unabhängig schon dieses Knöspchen beim ersten Auftreten, geht schon daraus hervor, daß seine Spitze nach unten, sein unterer Theil nach oben gerichtet ist. Daß hier der Grund direkt in das erste Würzelchen ausgeht, ermöglicht die seitliche Befestigung des Knospenkerns, alle andern Knospen sind mit ihrem Grunde auf der Mutterpflanze befestigt und können daher auch nur seitliche Wurzeln entwickeln.

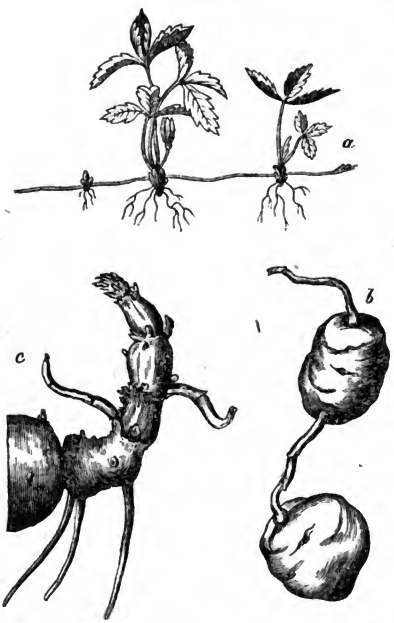
Endlich zeigen auch noch ruhende Knospengebilde, die künstlich in den Achseln der Stengel unserer ausdauernden Stauden zur Entwickelung gebracht werden, wenn dieselben ihrem Absterben nahe sind und natürlich sich nicht weiter verästeln würden, eine ähnliche unabhängige Weiterentwickelung, indem sie austreibend gleichzeitig aus ihrem Grunde Wurzeln entwickeln. Dem Gärtner kommt diese Erscheinung sehr häufig vor, wenn er gegen den Herbst hin den unteren Theil des Stengels unserer Stauden zu Stecklingen verwendet und unter Einfluß von Wärme und Feuchtigkeit zum Austreiben der Achselknospen veranlaßt, so z. B. bei den perennirenden Phlox, bei den Abarten der Lobelia cardinalis und syphilitica und vielen anderen. Die durchaus gleiche Bildungsweise ist jedoch auch den ausdauernden Stauden mit wurzelnden Ausläufern eigenthümlich, so der Erdbeere, dem Ranunculus reptans und vielen anderen Pflanzen. Hier legen sich die nur dünnen, mit einzelnen schuppigen Blättern besetzten Stengel, dem Boden nach, aus den Achseln der Schuppen entspringen später aber kräftige Knospen, die sich zugleich an ihrem Grunde bewurzeln, wie dieß Fig. 61 a bei der Erdbeere darstellt. Die Stengelstücke zwischen den neuen Pflanzen sterben später ab und so isoliren sich die einzelnen jungen Pflanzen später gänzlich. Die Knollen der Kartoffeln entstehen aus solchen unterirdischen Ausläufern, wie dieß Fig. 61 b zeigt. Die Achse des Ausläufers verdickt sich hier theilweise zur Knolle, welche die Augen trägt. Jedes dieser Augen zeigt dann im folgenden Jahre durchaus die gleiche Entwickelung wie die Achselknospen der Ausläufer der Erdbeerpflanze, sie treiben auf Kosten

Digitized by Google

der in der Mutterknolle deponirten Nahrungsstoffe aus, indem sie nach oben den Stengel aus dessen Knoten neue Stolonen und aus dem Grunde und den Knoten Wurzeln entwickeln. So werden auch diese Augen zur selbstständigen Pflanze, während die Mutterknolle abstirbt. Fig. 61 c zeigt ein in der Entwickelung begriffenes Auge einer Kartoffelknolle, die an einem lichten Ort außerhalb der Erde ausgetrieben hat. Durchaus ähnlich verhält sich überhaupt die Entwickelung aller Knospen an unterirdischen Stengelgebilden, die nur ein oder zwei Jahre dauern.

Werfen wir einen Blick zurück auf alle in diesem Paragraphen besprochenen Eigenthümlichkeiten, Formen und Entwickelungsweisen der Knospen, so gehen daraus die folgenden zwei allgemeinen Gesetze klar hervor.

Fig. 61.



a. Die Knospe entwickelt sich allenthalben da, wo der von ihr zurückgeführte Bildungsstoff sich über das Mutterorgan als junge Holzschicht ergießen kann, als ein Theil des Ganzen.

b. Ueberall da, wo die Organisation des die Knospe tragenden Pflanzentheils keine fernere Ablagerung von neuen Holzschichten zuläßt, entwickelt sich die Knospe selbstständig, indem entweder Reservenahrungsstoffe, die deren unabhängige Entwickelung nach der Trennung von der Mutterpflanze sichern, in ihr deponirt werden, — oder indem sie gleichzeitig Blätter und Wurzeln entwickelt.

Die spezielleren Fälle betrachteten wir schon S. 318 bis 319 unter a bis i.

§ 36. Vermehrung durch selbstständige Knospengebilde, durch Wurzeln und Theilung des Wurzelstockes.

Im letzten Paragraphen ward bereits gezeigt, wie die Natur oft durchaus selbstständige Knospen vorbildet. Die Gartenkunst hat diese Winke zu benutzen, um unter ihrer Beachtung viele Pflanzen leicht und sicher fortzupflanzen.

Die Zwiebel ist nicht nur für sich allein ein vollständig selbstständiges Individuum, sondern sie trägt auch noch in jeder Achsel ihrer

Digitized by Google

schuppigen oder scheidigen Blättchen die Anlage zu einer Knospe, welche, wenn sie sich entwickelt, zu einer jungen Zwiebel, der Brutzwiebel, wird. Wie man beim beblätterten Zweig durch Einstutzen auf Entwickelung der Achselknospe hinwirken kann, so kann dieß auch bei der Zwiebel durch Ausschneiden oder Zurückstutzen des Blüthenschaftes oder Ausstechen des Herzens bewirkt werden, wonach eine starke Zwiebel viele Brutzwiebeln, entwickelt, ja oft sogar auf Kosten der Mutterzwiebel in solche zerfällt.

Die schuppige und häutige Zwiebel nähert sich in ihrer ganzen Bildung am meisten der normalen Knospe, nur sind alle ihre Theile fleischiger geworden und sehr reich an Nahrungsstoffen. Dieses Verhältniß bedingt es, daß manche Zwiebeln durch feuchte Luft angeregt oder lediglich durch Wasser ernährt, welches zur Auflösung der in der Zwiebel enthaltenen Nahrungsstoffe dient, im Stande sind, Blätter und Blumen zu tragen. So entwickeln die großen Zwiebeln der Meerzwiebel (Scilla maritima) unter Einwirkung einer nur mäßig feuchten Luft, nur in Papier eingewickelt aufgehoben, Blätter und Blumen. Amaryllis formosissima kann sogar im Warmhaus in freier Luft aufgehängt ihre Blumen entwickeln, und die meisten andern Zwiebeln entwickeln wenigstens unter ähnlichen Verhältnissen Blätter. Das Treiben der Hyazynthen auf Wassergläsern, wodurch freilich die Zwiebel vollkommen erschöpft wird, ist eine allbekannte Sache, — ebenso in gehöhlten Kohlraben, welche im Zimmer aufgehängt gleichzeitig nach unten die Blätter entwickeln, während auch nach oben die Hyazynthe Blätter und Blumen treibt. — Bricht man von der schuppigen Zwiebel der Lilien, und anderer die fleischigen Schuppen mit der Achselknospe oder auch ohne diese Letztere aus, so entwickeln diese in Sand gelegt und bei niedriger Temperatur ziemlich trocken gestellt bald einzelne Adventivknospen, welche zu kleinen Zwiebelchen werden. Am sichersten gelingt diese Operation, wenn man die Schuppen im Herbste abbricht und die Töpfe den Winter hindurch in ein frostfreies Fensterbeet stellt.

Viele Zwiebeln lösen sich regelmäßig nach der Blüthe, namentlich aber, wenn sie zum reichlichen Ansetzen von Samen veranlaßt werden, regelmäßig in junge Brutzwiebeln auf, andere, wie z. B. die Zwiebeln der Amaryllis, Crinum ꝛc., werden ziemlich alt.

Die Knollenzwiebeln des Gladiolus, der Ixien und vieler anderer bestehen aus einem sehr stark entwickelten Achsengebilde, das von einem oder einigen scheidigen Blättchen umhüllt ist. Nach vollendetem Jahrestrieb entwickelt dasselbe auf seiner Spitze Knospen, die wieder zu ähnlichen Zwiebeln werden; die alte Zwiebel stirbt aber ab und hat also nur eine jährige Dauer. Außer diesen auf der Spitze stehenden neuen Zwiebeln, die unter günstigen Verhältnissen vollkommen die Größe der alten Zwiebel erlangen, bilden sich aber auch noch häufig am Grunde kleine Brutzwiebeln, so bei Gladiolus psittacinus u. a. m. Nachdem man im Herbst, nach erfolgter Abtrocknung die jungen Zwiebeln abgenommen, kann das im Absterben begriffene Achsengebilde der alten Zwiebel oft

Digitized by Google

noch zur abermaligen Erzeugung kleiner Brutzwiebeln benutzt werden, sofern man es ähnlich wie die Lilienschuppen behandelt.

Es ist hier der Ort, auf eine von der Praxis vielfach bewiesene Thatsache aufmerksam zu machen. Während nämlich überall da, wo schon vorhandene Knospengebilde zur schnellen Entwickelung gebracht werden sollen, sei dieß nun mit ihrer Mutterpflanze noch verbunden oder von derselben getrennt, Feuchtigkeit, ein gewisser Grad von Wärme und Zuführung zweckmäßiger Nahrung, die Faktoren sind, welche auf Beschleunigung dieses Prozesses einwirken, so wirkt gerade Entziehung von Nahrung auf Bildung von Adventivknospen an sonst durchaus knospenlosen zur Vermehrung bestimmten Pflanzentheilen ein. Es erklärt sich dieß allerdings theilweise dadurch, daß ihrer Knospen beraubte Pflanzen oder knospenlose Pflanztheile, wenn es nicht Blätter sind, keinerlei Nahrung verarbeiten können und erst mit der Bildung von Adventivknospen wieder die Organe zur Verarbeitung erhalten. Zuführung von Nahrung und Feuchtigkeit muß daher Fäulniß erregen. Theilweise erklärt sich jedoch die Bildung von Adventivknospen nur deßhalb hieraus, weil es eine Thatsache ist, daß z. B. feucht gehaltene Schuppen von Lilienzwiebeln nicht so bald und sicher Adventivknospen entwickeln, als solche, denen nur so viel Feuchtigkeit gereicht wird, daß sie nicht vertrocknen.

Durchaus ähnlich verhält sich die ebenfalls auf Bildung von Adventivknospen gegründete Vermehrung durch Wurzelstücke. Man wählt hierzu kräftige Wurzeln, bei unseren Bäumen und Sträuchern am geeignetesten zur Zeit des Spätherbstes, wo sie schon reich an deponirten Nahrungsstoffen. Diese werden in 2 bis 4 Zoll lange Stücke geschnitten und in eine sandige magere Erde oder in reinen Sand in der Weise gelegt, daß ihre obern Schnittfläche noch wenig hervorsieht oder leicht bedeckt ist. Sehr mäßige Feuchtigkeit und niedrige Temperaturgrade sichern auch hier die Bildung von Adventivknospen, sowie die gleichzeitige Bildung von Faserwurzeln. Der beste Standort für Wurzelschnittlinge unserer ausdauernden Holzpflanzen ist daher ein frostfreies Beet, wo sie den ganzen Winter hindurch gar nicht begossen werden und gegen den Frühling gemeiniglich ihre Augen enwickeln. Anwendung höherer Wärmegrade nahrhafte Erde und Wärme sind von schädlichem Einfluß auf dieses Experiment und werden häufig der Grund, daß es gänzlich mißlingt.

Wenn wir nun auch noch nicht wissen, welches der Grund ist, der eine einzelne Zelle des Gewebes veranlaßt, die Umbildung zur Adventivknospe einzugehen, so wissen wir wenigstens so viel sicher, daß derartige Bildungen an sonst knospenlosen Achsengebilden (Wurzeln, Blüthenständen) oder normal unter der Erde befindlichen nur im geringen Grade zur Verarbeitung dienenden Blattorganen (Zwiebelschuppen), nur durch innere Vorgänge bewirkt werden, welche dem absterbenden Leben des betreffenden Pflanzentheils in der Weise unmittelbar vorausgehen, daß ihr Auftreten das fernere Leben bedingt, — sei es einer ganzen ihrer Knospen beraubten Pflanze oder eines Theils derselben, der dadurch zum selbstständigen Individuum wird. Gehen wir von dieser Anschauung

Digitized by Google

aus, so ist es klar, daß alle die Mittel stets am sichersten zum Ziele führen müssen, welche dahin zielen, die knospenlose Pflanze oder den Theil derselben möglichst lange in einem Zustande zu erhalten, der das vegetative Zellenleben nur erhält, ohne durch Zuführung von Nahrung, hoher Wärme ꝛc., auf eine Aenderung oder respektive Zersetzung von Außen einzuwirken. Natürlich muß sich dieses Verfahren immer nach dem Vaterlande der Pflanzen richten, und wenn wir für die ausdauernden Pflanzen unseres freien Landes frostfreie Beete vorschlugen, wird für die des Kalthauses und Warmhauses eine entsprechende Erhöhung der Wärme nothwendig sein.

Unter Anwendung derartiger Vorsichtsmaßregeln scheinen die Wurzeln der meisten Holzgewächse, — sofern sie einestheils zur Ruhezeit gewählt werden, wo in ihnen die Stoffe zu Neubildungen vorhanden sind, und wenn andererseits kräftige Wurzeln von zwei Linien bis ein Zoll Dicke dazu gewählt werden, — das Vermögen zu besitzen, Adventivknospen zu entwickeln. Am häufigsten wird diese Vermehrungsweise bis jetzt bei Holzgewächsen des freien Landes angewendet, so bei Hibiscus syriacus, Cydonia japonica, Paullownia imperialis, Tecoma radicans. Ebenso gelingt dieselbe bei den Gattungen Aralia, Catalpa, Xanthoxylon, Azalea, Maclura, Gingko, Calycanthus, Syringa, Prunus, Morus, Ailanthus, Rhus, Citrus, Rosa und vielen anderen. Die sogenannten Ausläufer eigentlich holziger Pflanzen entstehen fast immer in Folge der Bildung von Adventivknospen an eigentlichen Wurzeln, so z. B. bei den Rosen, den Pflaumen, der Scheinakazie ꝛc.

Selbst bei den Nadelhölzern gelingt es zuweilen, Wurzeln zur Bildung von Adventivknospen zu vermögen, welche dann den Samenpflanzen ähnliche Kronenpflanzen, d. h. Exemplare mit wirtelförmig gestellten Aesten, erzeugen. Neumann gelang dieß z. B. bei einigen Araucarien; kurz, es scheint diese Art der künstlichen Fortpflanzung noch einer bedeutenden Fortbildung fähig zu sein.

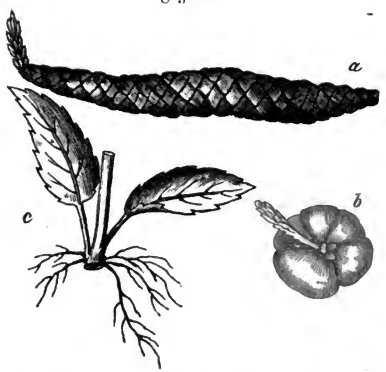
Wenn so schon die eigentliche Wurzel vom intelligenten Gärtner sehr häufig zur Fortpflanzung benutzt werden kann, so ist dieß in noch viel höherem Grade in Betreff unterirdischer Stengelgebilde der Fall. Diese Letzteren unterscheiden sich dadurch von der ächten Wurzel, daß sie schon vorgebildete Knospen tragen. Zerschneidet man sie nun zur Zeit der Ruheperiode oder des beginnenden Triebes (Herbst und Frühling) in so viel Stücke, als Augen vorhanden, so wird jedes dieser Stücke eine selbstständige Pflanze produziren, wenn man sie unter angemessenen Verhältnissen einpflanzt. Wie merkwürdig schnell und auf welche verderbliche Weise sich viele unserer lästigsten Unkräuter auf diese Weise vermehren, ist z. B. von der Quecke, dem Aegopodium Podagraria, der Campanula Rapunculus, Calystegia sepium und anderen hinlänglich bekannt. Ein kleines Stückchen eines solchen Ausläufers, das im Boden liegen bleibt, liefert stets wieder eine neue Pflanze, indem sich das in der Anlage vorhandene Auge schnell entwickelt und bei seiner Entwickelung zugleich am Grunde des Triebes Wurzeln bildet, wie dieß Fig. 61 a

Digitized by Google

darstellt. Die schön gefüllt blühende Calystegia pubescens vermehrt sich auf die gleiche Weise.

In die Reihe dieser Gebilde gehören auch die von uns schon betrachteten ächten Knollen der Kartoffeln und anderer, von denen jedes mit einem kleinen Stück der Knolle ausgeschnittene Auge eine selbstständige Pflanze liefert, sowie jene eigenthümlichen raupenförmigen Zwiebelknollen vieler Gesneriaceen. Diese Letzteren besitzen ein kaum verdicktes Achsengebilde, dagegen sehr dicht stehende, sich ziegeldachförmig deckende schuppige fleischige Blättchen, und tragen in der Achsel eines jeden dieser Blättchen die Anlage zu einer Knospe. Fig. 62 a stellt eine solche Knolle von Trevirania dar. Dieselbe entwickelt gemeiniglich nur an der Spitze einen Trieb, ähnlich wie die Zwiebel; zerbricht man sie aber in Stücke, so kann jede der Achselknospen ebenfalls zur Entwickelung gebracht werden; ja es besitzen sogar die einzelnen Schuppen, ähnlich den Zwiebelschuppen, das Vermögen, Adventivknospen zu entwickeln, wenn sie in der feuchtwarmen Luft eines Mistbeetes auf halbtrocknem Sand ausgestreut werden. Fig. 62 b zeigt eine solche zerbrochene Knolle etwas vergrößert von oben. Die Achselknospe der obersten Schuppe hat ausgetrieben. Die der folgenden mehr nach unten stehenden haben ihre Knospen schon bedeutend entwickelt. Es unterscheidet sich solch eine Zwiebelknolle nur durch das gestreckte Achsengebilde von der schuppigen Zwiebel. Sie bildet den Uebergang zur Stocksprosse (vergl. S. 8) der Quecke u. a.

Fig. 62.



Eine sehr große Zahl unserer ausdauernden Stauden bildet jedoch keine derartigen zur Fortpflanzung dienenden unterirdischen Stengelgebilde, sondern trägt die Knospen an der Stelle, wo Wurzel und Stengel sich scheiden, nämlich auf dem sogenannten Wurzelhals.

Sollen derartige Pflanzen durch Theilung vermehrt werden, so muß diese immer in der Weise vorgenommen werden, daß den Wurzeln anhängend stets ein Theil des Wurzelhalses mit abgeschnitten wird, wie dieß z. B. bei den Dahlien, Phlox, Lychnis, den krautigen Paeonien und vielen anderen geschieht. Praktisch führt sich diese Operation ziemlich leicht aus, indem man zur Zeit, wenn die jährigen Stengel abgestorben sind, die Erde von den Wurzeln abschüttelt, und wenn die Pflanze mehrere Stengel trug, dieselbe in so viel Theile theilt, als sie deren

Digitized by Google

besaß, oder indem man auch den abgeschnittenen Stengel von oben spaltend noch weiter theilt, so viel man bewurzelte Stücke lösen kann. Wird diese Operation zur Zeit des Herbstes vorgenommen, so entwickeln auch ganz kleine derartig abgenommene Stücke, die noch keine deutlichen Augen besitzen, bei einem ähnlichen Verfahren, wie es bei den Wurzelstücken angegeben wird, ziemlich sicher Adventivknospen und liefern bis zum nächsten Frühling gut bewurzelte Pflanzen. Da die Knospenbildung hier viel leichter stattfindet, können sie sogleich einzeln in kleine Töpfe in eine zweckmäßige Erde gepflanzt werden und sind auch gegen Feuchtigkeit nicht sehr empfindlich.

Die Entwickelung der Knospen findet in weitaus der Mehrzahl der Fälle durchaus ähnlich, wie bei den Stocksprossen statt, d. h. sie bilden an ihrem Grunde neue Wurzeln. Es wird daher ein Stück eines Wurzelhalses mit einer kräftigen Knospe, selbst wenn es nicht glingen sollte, Wurzeln mit abzulösen, sich ähnlich wie ein aus einer Knolle gelöstes Auge verhalten, d. h. es wird sich im Frühling zur selbstständigen Pflanze entwickeln können, sofern man während des Winters für einen Standort bei niedriger gleichmäßiger Wärme und feuchter Luft sorgt, wie dieß frostfreie Beete am besten gewähren. Auf diese Weise vermehren wir im hiesigen Garten die besseren feineren Stauden des freien Landes sicher und schnell und erhalten dadurch kräftigere und gesundere Pflanzen, als bei der gleichfalls üblichen Vermehrungsweise aus Stecklingen der im Frühling austreibenden Stengel. Es versteht sich, daß je kräftiger die Mutterpflanzen waren, die man zu derartiger Theilung benutzt, desto sicherer wird die Vermehrung. gelingen, die ebenfalls wesentlich auf den im Wurzelhals und in den Wurzeln deponirten Nahrungsstoffen beruht, die das Austreiben der Augen und die Bewurzelung vermitteln.

Die Bildung von Knospen an den eigentlichen Wurzeln der perennirenden Pflanzen kommt im Allgemeinen viel seltener als bei den Holzgewächsen vor. Nur wenn sie holzige dicke Wurzeln besitzen, wie z. B. die Abarten der Paeonia edulis, bilden Wurzelstücke zuweilen Adventivknospen. Dagegen ist es von den saftigen Wurzeln der Dahlien bekannt, daß sie sich wohl bewurzeln und lange Zeit frisch bleiben, aber keine Knospen bilden, wenn ihnen nicht ein Theil des Wurzelhalses anhängt. Ueber die Knospenbildung anderer knolliger Wurzeln werden wir im § 39 sprechen.

Endlich schließlich noch einige Worte über künstliche Einwirkung auf die Entwickelung selbstständiger Knospengebilde an Blättern und einjährigen Stengeln.

Die Bildung solcher Knospen an Blättern tritt meist nur zufällig auf und über die Verhältnisse, die diese Erscheinung bedingt, wissen wir nur wenig. Nach den wenigen Fällen, die der Referent beobachten konnte, scheint sie in doppelter Richtung vor sich zu gehen, indem sie einerseits bei saftigen, an Nahrungsstoffen reichen Blättern in ähnlicher Weise wie an Stengelgebilden auftritt und hier der letzte Akt der Thätigkeit des Zellenlebens eines von der Mutterpflanze getrennten

Digitized by Google

Blattes ist. In dieser Weise tritt sie an den abgeschnittenen, auf feuchte Erde oder Sand gelegten Blättern des Bryophyllum, an Blattstücken von Echeveria, Crassula und selbst von Orangen auf und kann künstlich ziemlich sicher an denselben erzeugt werden, wenn feuchte Luft und richtige Temperaturgrade das Blatt lange am Leben erhalten.

Die Bildung von Knospen an Blättern, die noch mit der Mutterpflanze in Verbindung stehen, scheint die Folge von Saftfülle und mangelhafter Zurückführung des Bildungssaftes zu sein. Eine feuchte warme Luft und durch gelinden Druck oder Zurückbiegen des Blattes gestörtes Zurückführen des Saftes in den Stengel dürfte daher solche Bildungen am ehesten hervorrufen.

Verhältnißmäßig am häufigsten tritt die Bildung selbstständiger Adventivknospen an Wedeln (den blattartigen Aesten) der Farrenkräuter auf. Künstlich kann hier die Bildung derselben durch das Niederbiegen der Spitzen der Wedel und Befestigung derselben mit kleinen Haken auf die Oberfläche feuchter Erde oder auch durch sanftes Einknicken wesentlich befördert werden. Von selbst tritt sie immer erst an den älteren Wedeln auf, die bereits für die Ernährung der Pflanze von geringerem Einfluß.

An Blüthenständen und einjährigen Stengeln, die zur Bildung von Zwiebelknospen und Knollenzwiebeln geneigt sind, kann diese Bildung durch Wegnehmen der Blumen, durch Wegschneiden der Zweigspitzen, durch Wegschneiden eines Theils der Verästelungen und überhaupt alle Mittel, welche den schlafenden Achselknospen zur Zeit, wenn die Stengel bald absterben wollen, die Nahrung zuleiten, sehr befördert werden. Auch unsere einheimischen Erdorchideen zeigen eine ähnliche Erscheinung. Normal entwickeln diese jährlich nur eine proliferirende Knospe, die nach unten eine knollige Wurzel entwickelt, von der sie später getragen wird. Schneidet man denselben aber zur Zeit der Blüthe die Blüthenstände weg, so entwickeln sie am Grunde ihres Stengels anstatt einer, mehrere solcher Stockknospen. Bei solchen Stengelgebilden endlich, die ihre ruhenden normal nicht zur Entwickelung kommenden Achselknospen zugleich mit Wurzeln an deren Grunde entwickeln, wird dieser Vorgang am leichtesten in der Weise bewirkt, daß man deren Stengel vor ihrem Absterben abschneidet, deren Spitze mit den Blumen wegbricht und nun den Stengel in feuchten Sand oder in Wasser stellt und in eine warme feuchte Luft bringt. Läßt man solche Stengel an der Mutterpflanze, so gehen die Nahrungsstoffe aus denselben in den Wurzelstock zurück und die Stengel sterben wie gewohnt ab. Zu einer Zeit abgeschnitten, wo sie noch reich an Stoffen sind, und durch obige Mittel auf Aufnahme von Wasser und in Folge der höhern Temperatur auf Lösung und Bildung von Stoffen hingewirkt, werden diese den schlafenden Augen zugeführt und bewirken deren selbstständige Entwickelung. Diese Letztere deutet genugsam darauf hin, daß hier keine Ablagerung von Holzstoff an den alten Stengel mehr stattfinden kann,

Digitized by Google

weßhalb der Bildungsstoff weder hierzu verwendet, noch in Form von Wurzeln aus dem alten Stengel abtreten konnte. Durch das Wegschneiden der Blumen konnte er ferner nicht für diese verwendet werden, und so mußte er das Austreiben der sonst schlafenden Augen bedingen. Während wir also Adventivknospen an beliebigen Stellen des Gewebes, vorzüglich unter Verhältnissen auftreten sahen, die nur das Zellenleben fristen, ohne es höher zu potenziren, findet die Entwickelung schlafender, d. h. normal nicht zur Entwickelung gelangender vorgebildeter Augen, gegentheils unter Einfluß erhöhter Zuführung von Nahrung und Wärme und Feuchtigkeit statt, welche letztere auf schnellere Lösung aller deponirten Stoffe zurückwirken.

§ 37. Vermehrung durch Absenker.

Auch hier hat die Natur dem Gärtner den Weg gezeigt, den er einschlagen muß, um die verschiedenartigsten Gewächse auf eine verhältnißmäßig leichte Art zu vervielfältigen. Die Leichtigkeit, mit der sich die natürlich dem Boden nach hinliegenden Zweige mancher Pflanzen bewurzeln, ward schon früher besprochen und zugleich die Gründe dieser Erscheinung angedeutet.

Das künstliche Ablegen wird wesentlich nach dem gleichen Prinzip ausgeführt. Man biegt die Zweige der betreffenden Pflanzen zur Erde nieder, befestigt sie hier mittelst Haken und deckt sie dann mit Erde, indem man nur die jungen Aeste hervorsehen läßt. Oft genügt diese einfache Operation, um Bewurzelung hervorzurufen, bei schwerer wurzelnden Pflanzen müssen aber noch besondere Vorsichtsmaßregeln, um die Bewurzelung zu beschleunigen, angewendet werden.

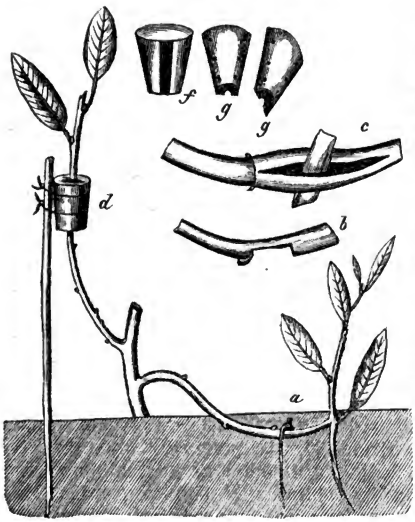
Als solche kommen in Betracht, die Ausführung in angemessener Zeit und Behandlung der Pflanze. Der günstigste Zeitpunkt zur Vornahme solcher und ähnlicher Arbeiten, ist aus mehrfach dargelegten Gründen die Zeit der Ruhe und bei immergrünen Pflanzen die einem neuen Triebe vorausgehende Periode.

Der künstlichen Manipulationen, die Wurzelbildung abgelegter Pflanzen zu befördern, gibt es viele, alle streben aber dahin, der Zurückführung des Bildungssaftes ein Hinderniß in den Weg zu legen und hierdurch auf das Abtreten von Wurzeln hinzuwirken. Im geringen Maße wird dieses allerdings schon durch das Niederbiegen der Zweige erstrebt. Außerdem werden aber auch noch Verletzungen aller Art angewendet, wie das Einschneiden oder Aufschlitzen auf ein bis zwei Zoll Länge bis zum Marke des betreffenden Astes nach Art des Nelkenschnittes, wovon Fig. 63 a und b eine Darstellung gibt, oder das Ringeln, — oder das feste Umlegen eines Drahtes, der bei der spätern Zunahme des Astes an Dicke immer mehr einschneidet, — oder das Spalten des Astes und Zwischenschieben eines Keiles, um das Wiederverwachsen zu hindern (Fig. 63 c), — oder ein einfaches Knicken oder Drehen des Zweiges ꝛc.

Den günstigsten Erfolg haben alle diese Manipulationen, wenn sie unmittelbar unterhalb eines Knotengebildes angebracht werden, da

Digitized by Google

Fig. 63.



hier, wie wir früher sahen, die Bewurzelung am gewöhnlichsten stattfindet, und wenn ferner der betreffende Ast dann unmittelbar über der verwundeten Stelle wo möglich senkrecht aufwärts gebogen wird. Die veränderte Lage des Zweiges, — der Unterbruch des Saftstromes, — die bei jeder Verwundung natürlich erfolgende Callusbildung zur Ueberkleidung der Wunde, und die zur Bewurzelung an und für sich geeigneteste Stelle wirken dann zusammen und bedingen in der großen Mehrzahl der Fälle Gelingen der Operation. *Pflanzen, die recht vielfach auf diese Weise vermehrt werden sollen oder deren Aeste zu steif und starr zum Biegen sind, pflanzt man schief ein*, um in eigens dazu bereiteten Erdbeeten alle Veräſtelungen derselben einzulegen und sie auf diese Weise massenhaft zu vervielfältigen. Es versteht sich, daß dieß bei den Sträuchern und Bäumen des freien Landes, auch im freien Lande und zwar im Herbste oder im ersten Frühling geschieht, — bei den Kalt- und Warmhauspflanzen, aber in kalten und warmen dazu vorbereiteten Käſten.

Auf diese Weise können die große Mehrzahl unserer Ziersträucher, sowie alle die Gewächshauspflanzen, die durch Stecklinge nur sehr schwer wachsen, leicht und sicher vervielfältigt werden. Bei Pflanzen mit steifen aufrechten Aesten kann man auch, nachdem die Aeste eingeschnitten, Töpfe an dieselben befestigen und diese mit Moos und Erde füllen, wie dieß Fig. 63 d zeigt. Hierzu bedient man sich auf einer Seite eingeschnittener Töpfe, wie solche Fig. 63 f darstellt, oder halbirter, an den Seiten mit Löchern zum Zusammenbinden versehener, von denen Fig. 63 g g die Abbildung gibt. Es versteht sich, daß dieses letztere Experiment nur dann gelingen wird, wenn die Erde in den Töpfen immer gleichmäßig feucht gehalten wird. Doch soll man im Allgemeinen nur im Nothfalle zu diesem letzteren Hülfsmittel greifen, da niedergelegte Pflanzen stets leichter und sicherer wachsen. Sobald auf diese Weise die eingelegten Aeste hinlänglich bewurzelt, werden sie abgeschnitten und einzeln eingepflanzt. Hüten muß man sich jedoch, dieß nicht zu früh zu thun, denn wenn man zwar

Digitized by Google

im Allgemeinen z. B. die Ableger unserer Sträucher im nächsten Frühling wegnehmen kann, so gibt es dennoch manche, die man zwei Jahre mit der Mutterpflanze in Verbindung lassen muß. Der gleiche Fall tritt auch bei Gewächshauspflanzen ein, die oft nach ein bis zwei Monaten, oft erst nach Jahresfrist und darüber hinlänglich bewurzelt sind. Unter den bekannteren Gewächshauspflanzen werden z. B. am schnellsten und sichersten durch Ableger fortgepflanzt, die Verbenen, Oleander, die vielen Formen der indischen Azaleen, die strauchigen Polygala-Arten, viele der schwieriger wachsenden Ericen und Neuholländer u. s. f. Bei den harten Ziersträuchern führt diese Methode fast bei allen zum Ziele, besonders vortheilhaft ist sie aber bei vielen Schlinggewächsen, die oft aus Steckholz sehr schlecht, aus Ablegern aber außerordentlich leicht wachsen, so z. B. Aristolochia Sipho, die Clematis-Arten, auch die Loniceren wachsen besser auf diese Weise u. a. m. Anhänger werden nur an durch Stecklinge schwer wurzelnde Gewächshauspflanzen gemacht, die wegen ihres steif aufrechten Wuchses nicht niedergelegt werden können. Die spezielle Anwendung dieser und der folgenden Vermehrungsarten müssen wir uns auf die folgenden Bände versparen.

§ 38. Vermehrung durch Stecklinge.

Wenn für die perennirenden Stauden die Vermehrung durch Theilung und selbstständige Knospengebilde die für die Praxis wichtigsten Arten der ungeschlechtlichen Fortpflanzung waren, so ist die Vermehrung durch Stecklinge, d. h. durch abgeschnittene Zweige, die unbedingt wichtigste für alle mehrjährigen Holzgewächse. Es ist daher die rationelle Ausführung aller Arbeiten, welche sich auf diese Art der Vermehrung beziehen, schon von außerordentlicher Wichtigkeit für die praktische Gartenkunst überhaupt, insbesondere aber bildet sie die wichtigste Grundlage für das Gedeihen jeder Handelsgärtnerei, wo es darauf ankommt, neue Pflanzen möglichst schnell und sicher fortzupflanzen.

Drei verschiedene Formen dieser Vervielfältigungsmethode sind es, die sich wesentlich gegenüber stehen, nämlich die durch Steckholz, durch Stecklinge oder Stopfer und durch Blattstecklinge.

Vermehrung durch Steckholz wird jene Form genannt, wo man sich blattloser, nur mit ruhenden ausgebildeten Knospen besetzter Zweige hiezu bedient.

Speziell Vermehrung durch Stecklinge oder Stopfer heißt jene Methode, wo beblätterte (gleichviel ob ruhend oder in Vegetation begriffene) Zweige benutzt werden.

Vermehrung durch Blattstecklinge endlich begreift alle jene Formen der Fortpflanzung in sich, wo Blätter, gleichviel ob mit oder ohne Axillarknospe ausgeschnitten, zur Fortpflanzung benutzt werden.

Wir wollen nun zunächst die für alle drei dieser Vermehrungsweisen gültigen, aus den uns bekannt gewordenen Lebenserscheinungen resultirenden Gesetze betrachten, um dann noch jeder einzelnen dieser verschiedenen Formen einige Worte zu widmen.

Digitized by Google

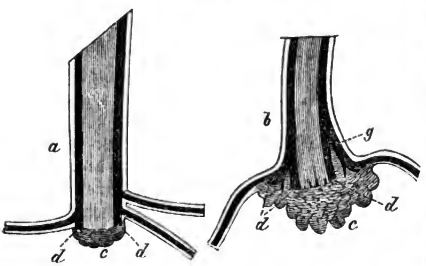
A. Allgemeine Regeln für alle Arten der Vermehrung durch Stecklinge.

Der günstige Erfolg der Vermehrung durch Stecklinge hängt von den mannigfachsten Umständen ab, so von der Natur der Pflanze selbst, von der Wahl des Stecklings, vom Schnitt, von der Beschaffenheit des Bodens, von der Jahreszeit und vom Grad der Feuchtigkeit und Wärme der Luft. Da alle diese Verhältnisse nur nach der Natur des Stecklings wieder ändern können, so versteht es sich, daß wir hier nur die wichtigsten Gesichtspunkte andeuten können, die spezielle Ausführung aber auf spätere Bände verschieben müssen.

a. Die Bewurzelung.

Sobald der zum Steckling bestimmte Ast von seiner Mutterpflanze getrennt ist, kann er nur durch Bewurzelung sich zum selbstständigen neuen Individuum heranbilden. Das Vermögen der abgeschnittenen Zweige, sich zu bewurzeln, ist aber je nach der Natur der Pflanzen sehr verschieden. Einzelne bilden verhältnißmäßig sehr leicht Wurzeln, so z. B. unter den Freilandsträuchern die Weiden, Pappeln, die Weinreben und unter den Gewächshauspflanzen die Fuchsien, Pelargonien, Salvien ꝛc., bei anderen dagegen erfolgt die Bewurzelung nur schwierig und oft erst nach sehr langer Zeit. Im Allgemeinen kann man annehmen, daß je weicher das Holz und je schneller das Wachsthum, desto leichter erfolgt die Wurzelbildung, und je fester das Holz, je gedrungener und sparsamer das Wachsthum, je schwieriger die Bewurzelung. Es können in dieser Hinsicht selbst die verschiedenen Arten der gleichen Gattung unter sich bedeutende Verschiedenheiten zeigen. So z. B. wachsen die immerblühenden raschwüchsigen Rosen sehr leicht aus Stecklingen, die einmal blühenden Centifolien aber nur schwer, und die Mittelformen zwischen beiden variiren in dieser Hinsicht, je nach dem sie sich mehr den einen oder andern nähern. Kräftiges Wachsthum und schnelle Holzbildung bedingt zugleich auch Wurzelbildung und ist mithin die Veranlaßung dieser Erscheinung. Daß die Wurzelbildung mit der Bildung der jungen Holzschicht Hand in Hand geht, darauf wurde schon wiederholt hingewiesen. Hier wollen wir aber die Vorgänge noch etwas näher ins Auge fassen, welche bei der Bewurzelung der Stecklinge stattfinden. Zunächst tritt an der Schnittfläche zwischen Holz und Rinde ein zartes junges Zellgewebe von merenchymatischer oder parenchymatischer Form auf (vergl. Fig. 37 a, b), welches später gemeiniglich die ganze Schnittfläche als ein größerer oder kleinerer Zell-

Fig. 64.



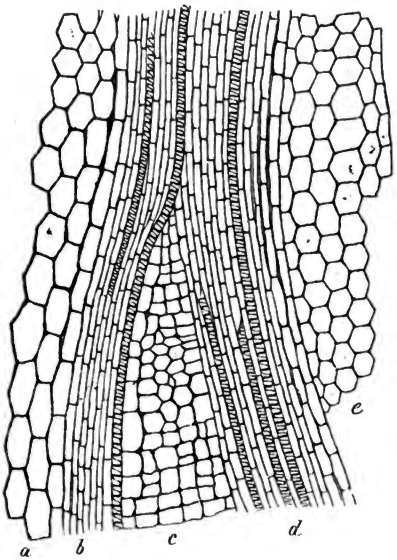
wulst (Callus) wie dieß Fig. 64 a und b bei c c zeigt, überdeckt. Zuweilen ist diese Entwickelung von jungem Zellgewebe so stark, daß dadurch die Rinde vom Holz getrennt wird, wie dieß Fig. 64 b zeigt, wo der Zellwulst bei c nicht bloß sehr groß, sondern sich auch noch zwischen das ursprüngliche Holz und Rinde gelagert hat. Durch Versehen aller Art stirbt jedoch häufig der unterste Theil des Stecklings ab, ohne einen solchen Callus zu bilden. Dann ist entweder der Steckling verloren, oder er kann auch wohl weiter oben Wurzeln entwickeln, welche den Luftwurzeln durchaus analog abtreten. Sehr häufig kommt z. B. dieser Fall bei Stecklingen von Nadelhölzern vor.

Dieser die Schnittfläche deckende Callus übernimmt die Funktionen der Wurzel, bis sich eine solche gebildet hat, und es kann Fälle geben, wo Stecklinge jahrelang vegetiren, keine Wurzeln bildend, sondern nur durch Vermittelung des Callus die Nahrung aufnehmen. Hier findet eine ungewöhnlich starke Callusbildung auf Kosten der Wurzelbildung statt, und man ist daher in solchen Fällen genöthigt, den Callus theilweise wieder wegzuschneiden. Die Wurzeln selbst treten nur in höchst seltenen Fällen (z. B. bei Blattstecklingen) unmittelbar aus der Schnittfläche hervor, in weitaus der größten Zahl der Fälle aber treten sie seitlich unmittelbar oberhalb der Schnittfläche ab, wie dieß Fig. 62 c zeigt. Durchschneidet man solche Stecklinge der Länge nach in der Weise, daß der Schnitt durch die abtretenden Wurzeln hindurch geführt wird, so sieht man, daß das zentrale Holzbündel der Wurzel sich unmittelbar an das Holz des Stecklings anlegt, ohne daß ein schiefes Anlegen bemerklich wird. Es zweigt sich mithin das jüngst gebildete Holz unmittelbar in die Wurzel ab. Fig. 64 a der Durchschnitt durch den bewurzelten untersten Theil des Stecklings von Veronica Andersoni zeigt dieß deutlich. Am Grunde sieht man noch bei d d das durchschnittene Ende des Holzzylinders, der die sehr große zentrale Markschicht umgibt. Etwas wenig oberhalb dieses Endes zweigt sich die seitdem gebildete Holzschicht unmittelbar in die Wurzel ab.

Noch auffallender ist diese Bildung bei andern Pflanzen. So zeigt Fig. 64 b den ähnlichen Durchschnitt durch einen Steckling von Cantua splendens. Hier hat sich der Callus auch oberhalb des Grundes des ursprünglichen Holzzylinders, welcher bei d d durchschnitten war, angelagert. Weiter oben zweigt eine gleichzeitig mit der Bewurzelung gebildete neue Holzschicht ab, läuft erst noch der Rinde parallel und zweigt dann erst unmittelbar am Rande der ursprünglichen Schnittfläche in die seitlichen Wurzeln übertretend ab. Einen Längsschnitt der Stelle, wo die neue Holzschicht von der alten abzweigt (auf Fig. 64 bei g) und dann durch den zwischen gelagerten Callus vom alten Holzzylinder getrennt wird, unter vierhundertmalige Vergrößerung unters Mikroskop gebracht, stellt Fig. 65 dar. Hier ist a die aus großem parenchymatischem Zellgewebe bestehende Markschicht. b ist die Holzschicht des ursprünglichen Holzkörpers, bestehend aus gestreckten dünnwandigen Zellen, zwischen denen einzelne große Spiralgefäße oder auch Gefäßbündel liegen. c ist die eingekeilte Schicht des Callus, bestehend aus einem sehr unregelmäßigen,

Digitized by Google

Fig. 65.



ungleichgroßen Parenchym, zwischen dem sehr deutliche Interzellulargänge liegen. d zeigt die junge Holzschicht, welche sich nach den Wurzeln abzweigt, unten unmittelbar in diese übergehend, oben sich an den alten Holzzylinder anlehnend und durchaus den gleichen Bau, nach außen aber etwas größere gestreckte Holzzellen zeigend. Bei e legt sich endlich die Rindenschicht an, welche den Steckling, sowie die vortretenden Wurzeln umschließt.

Es geht hieraus also zur Genüge hervor, daß der zentrale Holzkörper der seitlichen Wurzel des Stecklings, stets die unmittelbare Fortsetzung der während der Bewurzelung sich bildenden neuen Holzschicht ist.

b. Wahl, Schnitt und Behandlung des Stecklings in Bezug auf Temperatur ꝛc.

Reichthum an abgelagerten oder gelösten Nahrungsstoffen befördert, wie wir früher sahen, die Wurzelbildung. Die Ausbildung von Blüthenknospen geht auf Kosten der Holzablagerung vor sich. Diese früher gefundenen Regeln, auf den Steckling angewendet, wähle man durchschnittlich die gesundesten und kräftigsten Triebe, welche keine Blüthenbildung zeigen. Wo aber Blüthenknospen vorhanden, müssen diese weggeschnitten werden. Von kränklichen Pflanzen soll man überhaupt keine Stecklinge wählen, es sei denn, daß es nur noch der Versuch sein sollte, auf diese Weise eine Pflanze zu erhalten, die man für verloren erachtet. Je kräftiger und gesunder eine Pflanze, von der Stecklinge genommen werden, je schneller und sicherer werden diese im Allgemeinen wachsen. Wir sagen im Allgemeinen, weil es auch hiervon zahlreiche Ausnahmen gibt, welche sich jedoch sämmtlich nur auf die Vermehrung durch beblätterte, in voller Vegetation stehende Zweige beziehen. Hier ist es wirklich Thatsache, daß die kräftigsten und üppigsten Spitzentriebe ziemlich allgemein nicht so gut wachsen, als die weniger mastigen Seitentriebe. Ebenso wachsen z. B. die im Frühling austreibenden jungen Triebe unserer im freien Lande stehenden Sträucher bei Weitem weniger gut aus Stecklingen, als die viel

Digitized by Google

weniger kräftigen Triebe der gleichen Pflanzen, welche in Töpfen stehen, oder selbst unter Einfluß hoher Temperaturgrade schnell getrieben wurden. Eine sichere Deutung für den Grund dieser Erscheinung besitzen wir nicht, sehr wahrscheinlich dürfte es aber die verhältnißmäßig große Anhäufung von Proteinsubstanzen und anorganischen Stoffen in derartigen rasch wachsenden üppigen Zweigen sein, welche das gemeiniglich sehr schnelle Absterben derselben nach dem Abschneiden bedingen. Von der Pflanze getrennt, vermag die Kunst nicht den auf sehr hohe Stufe potenzirten Lebensprozeß auf eine normale Weise zu unterhalten oder nur das Leben bis nach erfolgter Wurzelbildung zu fristen, und so bewirken die hier angehäuften kräftigen Stoffe eine schnelle Zersetzung. Reichthum an stickstofflosen organischen Stoffen scheint es daher vorzüglich zu sein, der in Bezug auf Bewurzelung günstig einwirkt.

Diese gleichen Verhältnisse sind es daher auch, welche die Zeit bestimmen, wenn ein Steckling am geeignetsten geschnitten wird. Ueberall da, wo man blattlose Zweige zu solchem Zwecke benutzt, da ist es natürlich die Zeit der vollkommensten Ruhe, weil dannzumal die Aeste am reichsten an deponirten Nahrungsstoffen sind. Bei allen Stecklingen, die mit Blättern gesteckt werden, da sind verschiedene Verhältnisse ins Auge zu fassen. Bei immergrünen Pflanzen, die ohne Laub überhaupt nicht geschnitten werden können, da wählt man hierzu bald die Zeit der Ruhe, bald die des so eben beginnenden Triebes, bald junge noch kaum verholzte, bald mehr verholzte junge Triebe. Die Erfahrung ist es, welche für die verschiedenen Pflanzen hier einerseits die sicherste Methode festgesetzt hat, andrerseits wirkt hier aber auch das fernere Verfahren und und die Wärme, welche angewendet wird, wesentlich auf das Gelingen der Operation ein. Wir wollen dieß mit einigen wenigen Beispielen belegen.

Unsere laubwerfenden Sträucher wachsen im Allgemeinen am besten aus Steckholz. Dagegen pflanzt sich ein Theil derselben, namentlich solche, die keine kräftigen Aeste, sondern meist nur Blüthenholz bilden, auf diese Weise weniger gut fort, während die Sommertriebe derselben, wenn sie von in den Topf gepflanzten Exemplaren genommen werden, natürlich unter den geeigneten Vorsichtsmaßregeln, sehr leicht angehen. So z. B. Tecoma radicans, die meisten Spiraeen, Philadelphus, Lonicera, Amygdalus, Ribes sanguineum ꝛc. Von in Töpfen stehenden Exemplaren, namentlich von solchen, die künstlich angetrieben wurden, kann man zu diesem Zwecke auch ganz junge Triebe verwenden, die dann auch wieder unter Anwendung höherer Temperaturgrade gesteckt werden. Von im freien Lande stehenden Pflanzen darf man diese Stecklinge jedoch nicht früher schneiden, als bis das Holz derselben schon verhärtet, auch wendet man bei diesen keine Bodenwärme an. Es ist einleuchtend, daß überall da, wo noch sehr junges saftiges Holz zu Stecklingen benutzt wird, die Bewurzelung nur aus in denselben gelösten Stoffen erfolgen kann und daher das Resultat nur günstig sein wird, wenn man durch Wärme und Feuchtigkeit auf ebenso schnelles ferneres Wachsthum und Holzbildung zurückwirkt. Auf diese Weise entwickeln die jungen Triebe

Digitized by Google

von Salvia splendens oft schon in kaum einer Woche im Warmbeete kräftige Wurzeln, ebenso die Stecklinge der jungen Triebe der Dahlien u. s. f. Würden die gleichen unter niedere Temperaturgrade gebracht, so würde das Wachsthum stocken und der Steckling von unten faulen.

Wo dagegen schon reiferes Holz, welches auch unter dem Einfluß niedriger Temperaturgrade gewachsen ist, zum Steckling gewählt wird, da erfolgt die Bewurzelung schon nicht mehr lediglich durch schon vorhandene gelöste Säfte, sondern es müssen erst im Steckling eine Reihe von Um- und Rückbildungen der vorhandenen Stoffe vor sich gehen, bevor die Bewurzelung erfolgen kann. In diesem Falle dürfen nur solche Temperaturgrade angewendet werden, wie sie der betreffenden Pflanze überhaupt zusagen. Höhere Grade als diese werden stets schädlich einwirken. Im höchsten Grade findet dieser letztere Grundsatz in allen den Fällen seine Anwendung, wenn die Stecklinge zur Zeit der vollkommenen Ruhe geschnitten werden. Anwendung von höheren Wärmegraden, um das Wachsthum und die Bewurzelung zu beschleunigen, würde in den meisten Fällen den Tod des Stecklings zur Folge habeu.

Die Pflanze gebraucht auch während der Ruheperiode eine bestimmte Zeit, um durch Veränderung des Inhalts ihrer Zellen neues Leben vorzubereiten. Wenn die künstliche Abkürzung dieser Ruheperiode schon für die sonst unter normalen Verhältnissen lebende Pflanze stets von Nachtheilen aller Art begleitet ist, so ist dieß in noch viel höherem Grade bei noch unbewurzelten Pflanzentheilen der Fall. Wenn dann aber die Ruheperiode normal vorüber ist, zur Zeit wenn der junge Trieb ausbricht, dann kann ohne allen Nachtheil eine etwelche Erhöhung der Temperatur eintreten, weil dann der Steckling zum neuen Triebe vorbereitet ist. Es ist dieß ein Punkt von höchster Wichtigkeit für das Gelingen der Stecklingszucht, gerade bei den schwieriger wachsenden hartholzigen Pflanzen, der aber lange noch nicht genugsam beobachtet wird. Stecklinge solcher Pflanzen, die im Spätherbst gesteckt werden, müssen daher verhältnißmäßig kühl gestellt werden. So können z. B. die Stecklinge von Ericen, immergrünen Neuholländer, Coniferen, die Ilex-Arten u. s. f. mit dem besten Erfolge im Spätherbste kalt gesteckt werden, gegen den Frühling hin kann man ihnen aber dann eine sehr mäßige Bodenwärme von ungefähr 12 bis 15° zukommen lassen. Wird letztere aber gleich im Herbst angewendet, so ist der Erfolg, sofern die betreffenden Pflanzen nicht in Vegetation sind, ein schlechter. Während des Winters überzieht sich die Schnittfläche mit dünnem Callus und im Frühling tritt mit der erhöhten Wärme die Wurzelbildung ein. Werden die Stecklinge der gleichen Pflanzen im Frühling zur Zeit des beginnenden Triebes geschnitten, so kann sogleich eine mäßige Wärme angewendet werden. Viele Stecklinge unserer immergrünen Halbsträucher der kälteren gemäßigten Zone bilden mitten im Winter unter Einfluß eines solchen kühlen Standortes, ähnlich wie die der Stauden des freien Landes, am leichtesten Wurzeln, so die Calceolarien, die Verbenen, die mehrmals blühenden

Digitized by Google

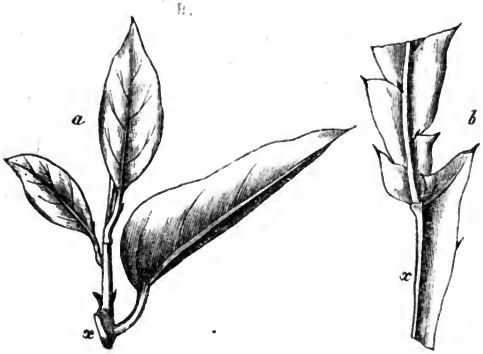
Rosen u. s. f., und je mehr man in dieser Hinsicht die Natur der betreffenden Pflanzen studirt, je mehr man sich dem natürlichen Entwickelungsgange ihrer Vegetation anschließt, je günstiger werden die Resultate sein. Forciren lassen sich nur jene fast unter allen Verhältnissen leicht wachsenden Pflanzen, wie Fuchsien, Salvien ꝛc.

Dabei ist freilich ferner noch der bereits erwähnte Umstand zu berücksichtigen, daß von den einen Pflanzen die verhältnißmäßig kühl gesteckten ausgebildeten Triebe besser wachsen, die erst als Steckling ihre Ruheperiode durchmachen, daß von anderen ähnliche erst im Frühjahr geschnittenen Zweige, welche eben treiben wollen, sich leichter bewurzeln und daß von wieder anderen die jungen Frühlingstriebe, wenn sie einen gewissen Grad der Ausbildung erlangt haben, am sichersten angehen. Es sind dieß Verhältnisse, die erst bei der Aufzählung der einzelnen Pflanzen volle Berücksichtigung finden können. Hier wollen wir nur bemerken, daß bei einsichtiger Behandlung zur Ruhezeit und zur Zeit des beginnenden Triebes gemachte Stecklinge gemeiniglich gleich gut reüssiren und daß eher noch die ersteren ein besseres Resultat geben. Viel größer ist der Unterschied zwischen der Benutzung junger Triebe und vorjährigen Holzes. So wachsen z. B. die einmal blühenden Rosen aus altem Holze nur sehr selten, die jungen blüthenlosen künstlich angetriebenen Triebe derselben fassen dagegen im Frühling bei mäßiger Bodenwärme leichter Wurzeln. Bei den Pflanzen der warmen Zone muß natürlich immer angemessene Bodenwärme angewendet werden, sie wachsen daher ihrer größten Zahl nach vom Frühling bis zum Spätsommer aus kräftigen Trieben im warmen Mistbeete am sichersten.

Der Schnitt, d. h. die Stelle, wo ein zum Steckling bestimmter Ast abgeschnitten werden soll, wird hauptsächlich durch die schon früher erwähnte Eigenschaft bedingt, daß die Wurzeln am leichtesten aus den Knotengebilden abtreten. Die Knotengebilde sind gleichsam ebensoviele Lebenspunkte des Stammes. Sie tragen die Blätter und in deren Achseln die Achselknospen, aus ihnen geht auch die junge Wurzel des Stecklings am liebsten ab. Man soll daher dem Steckling das unterste Knotengebilde vollständig erhalten und darum den Schnitt dicht unterhalb eines Knotens führen. Besonders wichtig ist dieß bei Pflanzen mit stark ausgebildeten Knoten, wo die Zwischenknotenstücke des Stengels oft hohl und nur der Knoten ausgefüllt ist. Da wo man die jüngeren Nebenzweige eines Astes als Stecklinge benutzt, da schneide man diese noch mit etwas altem Holze und dem Blatte in der Weise aus, daß dem Stecklinge auch noch die auf die Mutterpflanze übergehenden Gefäßbündel des Blattes erhalten bleiben. Es geschieht dieß durch einen etwas oberhalb der Achsel am Aste eingesetzten schief nach unten gerichteten Schnitt, oder auch wohl durch Abreißen der Seitentriebe und nachheriges Glattschneiden der Rißfläche. Von sehr vortheilhafter Wirkung auf die Bewurzelung ist diese Art des Schnittes bei Pflanzen mit hartem Holze und lederartigen Blättern. Fig. 66 a gibt die Darstellung eines solchen Schnittes. Das alte ausgebildete kräftige Blatt, welches dem zar-

Digitized by Google

Fig. 66.



ten Seitentriebe bleibt, trägt ungemein viel zur schnelleren Bewurzelung bei, indem die in ihm deponirten Nahrungsstoffe solche befördern und sehr häufig geht die Bewurzelung nur allein von ihm aus, so z. B. bei vielen Grevillea- und Hakea-Arten. Bei Pflanzen, wo das Blatt noch als Flügel am Stengel herabläuft, ist es sogar rathsam, den Schnitt so zu führen, daß auch dieser noch dem Steckling bleibt, wie z. B. bei Acacia alata und anderen, wovon Fig. 66 b eine Darstellung gibt. Bei beiden Figuren liegt bei x die Schnittfläche. Außerdem ist es jedoch auch bei allen jüngeren zu Stecklingen benutzten Trieben wichtig, das ganze ursprüngliche Achsengebilde wo möglich mit einer Schicht der Mutterachse auszulösen, auch wenn keine Achselblätter vorhanden. Wir wollen hier nur an die Stecklinge von Dahlien erinnern, die auf diese Weise durchaus sicher wachsen, während höher oben unter einem Blattpaar abgeschnittene, schon viel mehr Zufälligkeiten unterworfen sind. — Endlich wird noch ein besonderer Schnitt in den Fällen angewendet, wenn die Aufsaugungsfläche vermehrt werden soll. Diese Methode wendet man z. B. bei den Nelkenstecklingen an, wo man den Steckling von der Schnittfläche aus noch durch einen durch das Mark gehenden Längsschnitt bis zum folgenden Knoten aufspaltet. Endlich ist hier auch noch der Frage zu gedenken, ob es besser ist, dem Steckling das untere oder die untern Blätter zu lassen, oder solche, wie dieß häufig geschehen, soweit derselbe in die Erde kommt abzustreifen. Das im Vorhergehenden über die Einwirkung des Blattes auf die Wurzelbildung Gesagte erledigt diesen Punkt dahin, daß die Blätter nicht entfernt werden dürfen. Wenn dieß manche, in der Vermehrung sehr erfahrne Gärtner bei einigen Pflanzen mit leicht faulenden Blättern dennoch thun, so geschieht dieß lediglich, um dadurch bei der später stets eintretenden Verderbniß derselben zu verhindern, daß nicht auch der Stengel angesteckt werde. Nur aus diesem Gesichtspunkt läßt es sich vertheidigen, nie aber wird ein solches Verfahren die Wurzelbildung befördern und überall da, wo die Stecklinge fleißig gepflegt und nachgesehen, sowie alles Faule sogleich entfernt wird, da wird man ganz allgemein besser thun, alle Blätter stehen zu lassen. Der Schnitt muß außerdem mit einem scharfen

Digitized by Google

Messer ausgeführt und Druck und Zug gut vereinigt werden, so daß keinerlei Quetschung stattfindet. Sobald der Steckling von der Pflanze getrennt ist, da ist er auf die in ihm deponirte Nahrung und auf Aufnahme durch die Schnittfläche angewiesen, bis Callusbildung die aufsaugende und auswählende Thätigkeit der Wurzel bis zu deren Erscheinen ersetzt. Jeder Schnitt mit stumpfem Messer, der die Zell- und Holzschichten der Schnittfläche quetscht, bedingt zugleich deren Verderbniß, befördert also Fäulniß und legt der Aufnahme von Wasser, welches den Steckling erhalten oder zur Umbildung der deponirten Stoffe beitragen soll, ein natürliches Hinderniß in den Weg. Aus dem gleichen Grunde ist es auch von Wichtigkeit, den Steckling unmittelbar nach Führung des Schnittes sogleich in feuchten Boden einzusenken. Wird dieses versäumt, so trocknet die Schnittfläche an, die untersten Zellen füllen sich mit Luft und sterben ab, der Steckling selbst wird welk und es treten ähnliche Uebelstände wie bei dem Schnitt mit stumpfem Messer ein, denen oft nur durch Nachschneiden begegnet werden kann. Wie sehr eine sorgfältige Ausführung und Beobachtung solcher unbedeutenden Vorsichtsmaßregeln bei belaubten im Triebe befindlichen Stecklingen, die in dieser Hinsicht besonders empfindlich sind, das Gelingen der Operation bedingt, davon kann sich jeder aufmerksame Gärtner leicht überzeugen. Weniger wichtig, jedoch auch nicht zu vernachlässigen ist dieß beim blattlosen, im Ruhezustand befindlichen Steckholz unserer Sträucher, welche Knospen und Wurzeln lediglich aus den in ihnen deponirten Stoffen, ähnlich der Zwiebel, entwickeln.

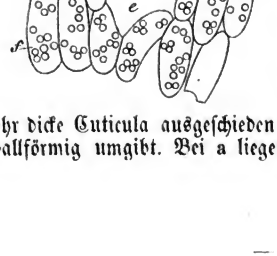
Endlich gibt es noch eine Zahl von Pflanzen, wo es sogar nothwendig ist, den Steckling nicht sogleich einzusenken. Es sind dieß einestheils die Pflanzen, welche einen gummihaltigen Milchsaft in reichlicher Menge führen, so z. B. die Ficus-Arten und andere. Hier soll man den Milchsaft aus der Wunde erst ausströmen lassen und ihn vor dem Stecken sorgsam entfernen, denn sonst würde er die Schnittfläche häufig wasserdicht verkleben und die Aufnahme von Wasser verhindern. Ferner gehören hierher die Saftpflanzen, welche verhältnißmäßig wenig Wasser aufnehmen und verdunsten und wenn es nicht natürliche Verästelungen sind, die man hier allerdings am geeignetsten zu Stecklingen benutzt, im Verhältniß zur Größe der Schnittfläche zu wenig verarbeitende Organe haben, wie dieß z. B. der Fall ist, wenn man anstatt ganzer Aeste die Köpfe von Cacteen (Cereen, Mammillarien, Echinocacten), oder die der dicken Euphorbien, Stapelien ꝛc. zur Vermehrung benutzt. Derartige Stecklinge sogleich in feuchten Boden gesteckt, nehmen viel mehr auf, als sie verarbeiten können, und es beginnt, von der Schnittfläche ausgehend, die Zersetzung und Fäulniß derselben. Man legt sie daher vor dem Stecken einige Zeit in die volle Sonne, bis die Schnittfläche vollständig abgetrocknet und die untersten Gewebsschichten vertrocknet sind, und auch eingepflanzt erhalten sie lange nur sehr wenig Wasser und einen sonnigen Standort in nicht allzu feuchter Luft, bis sie aus den in ihnen reichlich deponirten Nahrungsstoffen, unter Einfluß des wenigen übertretenden

Digitized by Google

Wassers, neue Wurzeln gebildet haben. Außerdem dürfen von diesen Pflanzen nur zur Zeit der Vegetation, vom Mai bis August, Stecklinge geschnitten werden, weil zu anderer Jahreszeit trotz aller Vorsicht dieselben dennoch leicht Fäulniß ergreift. Da wo natürliche Verästelungen, die sich abgliedern und nur eine kleine Schnittfläche bieten, zu Stecklingen benutzt werden können, ist das Experiment auch bei diesen Pflanzen fast zu jeder Jahreszeit vollkommen gesichert, weßhalb man in der Gärtnersprache z. B. von den kuglichen Mammillarien und Echinocacten, sofern sie sich verästeln, sagt, sie bildeten junge Pflanzen. Wirklich besitzen derartige Verästelungen ebenso sicher das Vermögen, die Pflanze fortzupflanzen, wie die Zwiebel, denn abgenommen von der Mutterpflanze und eingepflanzt bilden sie sicher Wurzeln. Bekanntlich bilden aber viele Cacteen keine derartige Verästelungen und hier ist man gezwungen, entweder Blüthe und Samenbildung abzuwarten, oder aber den Kopf zur jungen Pflanze zu bestimmen und abzuschneiden und durch Wärme und Trockenheit auf die Ausbildung von Verästelungen an dem Stumpfe hinzuarbeiten. Auch wenn man nur mit einem Messer die wachsende Spitze aussticht, kann die Verästelung bewirkt werden, nur erhält man damit nicht zugleich eine neue große Pflanze und entstellt gleichwohl die Mutterpflanze. — Wo es nicht dringend nothwendig, soll man derartige Operationen aber überhaupt nicht vornehmen, wodurch ein schönes Exemplar entstellt wird, oder im unglücklichen Falle Kopf und Stumpf zu Grunde gehen, sondern man soll lieber durch zweckmäßige Kultur auf baldige Blüthen- und Samenbildung hinwirken.

Endlich wird es auch noch empfohlen, Stecklinge von hartholzigen Kalthauspflanzen mit sehr kleinen Spaltöffnungen, die bei 15 ° R. Bodenwärme gesteckt werden, einige Tage vor dem Stecken in der feuchten Atmosphäre des Vermehrungshauses liegen zu lassen. Hierdurch wird natürlich ebenfalls verminderte Aufnahme bedingt, da wegen der Festigkeit des Holzes die Nachtheile des Antrocknens der Schnittfläche unbeträchtlich, so scheint dieß die Nachtheile der höheren Bodentemperaturen, denen diese Stecklinge ausgesetzt werden, aufzuheben, oder mit andern Worten das anfängliche Kaltstellen unnöthig zu machen. Man wendet dieses Verfahren z. B. bei den Proteaceen an, die sich durch den eigenthümlichen Bau der sehr kleinen Spaltöffnungen ihrer Blätter auszeichnen. Fig. 67 gibt den senkrechten Durchschnitt durch solch eine Spaltöffnung des Blattes von Protea mellifera nach Mohl. Bei a liegen die Epidermiszellen, welche nach oben eine sehr dicke Cuticula ausgeschieden haben, die bei b die Spaltöffnung noch wallförmig umgibt. Bei a liegen die Zellen, welche die Spaltöffnung

Fig. 67.



Digitized by Google

selbst bilden, und die so nahe schließen, daß Robert Brown diesen Pflanzen die Spaltöffnungen ganz absprach und sie nur für Drüsen erklärte. Daß es aber wirkliche, aber außerordentlich kleine, in eine Grube eingesenkte Staltöffnungen sind, das wies zuerst Mohl nach. e ist die große Athemhöhle und bei f liegen die Zellen des Mesophylls des Blattes. Es ist klar, daß bei solchem Bau diese Pflanzen mit ihren älteren Blättern nur sehr wenig verdunsten können, und daß eine Manipulation, die die Aufnahme von Wasser ermäßiget, bei den Stecklingen günstig einwirken muß. Aehnlich wie bei den Proteaceen ist auch den Stecklingen der neuholländischen hartblättrigen Akazien das Liegenlassen sehr vortheilhaft. Auch diese besitzen sehr kleine, aber den andern Pflanzen ähnlich gebaute Spaltöffnungen.

c. Der Steckling in seiner Beziehung zu Wasser und Boden.

Bevor die Schnittfläche des Stecklings mit Callus überwallt, nimmt derselbe seine Nahrung nur durch sie auf. Hier ist nun aber nicht bloß das Zellgewebe, sondern es sind auch die zwischen den Holzbündeln verlaufenden Gefäße der dargebotenen Flüssigkeit geöffnet, welche von ihnen in genau dem Zustande, wie sie geboten wird, direkt bis zu den verarbeitenden Organen emporgeführt wird. Die Aufgabe der Kultur geht daher zunächst dahin, dem Steckling nur eine sehr dünnflüssige Nahrung zu bieten, derjenigen ähnlich, welche die Pflanze mit den unverletzten Wurzeln aufnimmt, nur wo möglich noch weniger mit gelösten Bodenbestandtheilen geschwängert. Die unverletzte Wurzelspitze schließt konzentrirte Lösungen, als für die Ernährung ungeeignet, aus, der frisch geschnittene Steckling kann diese aber mittelst der Spiralgefäße zu seinem Verderben emporführen. Ueber die Funktionen der Spiralgefäße ist Seite 236 bereits das Nothwendige gesagt und gezeigt worden, daß anormale Zustände sie zur Saftführung bestimmen können.

Da wir nun ferner gesehen haben, daß die Wurzelbildung des Stecklings vornehmlich aus in ihm schon vorhandenen Nahrungsstoffen vor sich geht, so erlaubt uns die Kombination dieser Verhältnisse den Schluß, daß man dem Steckling bis zur Wurzelbildung nur eine so dünnflüssige Nahrung bieten soll, wie sie ein weiches, an Nahrungstheilen reiches Flußwasser ungefähr bietet.

Dieser Schluß steht denn auch mit den Ergebnissen der Praxis in vollständigem Einklange. In dieser Beziehung ist es z. B. bekannt, daß sonst schwierig wachsende Stecklinge sich, in Wasser gesteckt, öfters sehr reichlich bewurzeln, so z. B. die Stecklinge der Oleander, das Steckholz unserer Aepfel und Birnen. Da nun aber die Aufnahme einer so dünnflüssigen Nahrung nur bis nach erfolgter Wurzelbildung wichtig ist, dann aber dem Steckling zu seinem ferneren Gedeihen eine kräftigere Nahrung geboten werden muß und ferner auch das Uebermaß des bei dieser Methode gebotenen Wassers dem größten Theil der Stecklinge schädlich werden und Fäulniß erregen würde, so sucht man durch die Wahl des Bodens, in welchem der Steckling mit seinen Wurzeln eingesenkt wird, in dieser Hinsicht ähnliche Resultate zu erlangen.

Digitized by Google

Die Erfahrung hat nun in dieser Beziehung gezeigt, daß ein lockerer, stark mit Sand gemischter Humus (sehr sandige Heide-, Laub-, oder Torferde), reiner Sand, Kohlenpulver, oder mit Heiderde versetztes Kohlenpulver, durchschnittlich die besten Resultate liefert. Welche dieser Bodenarten aber die zweckmäßigste ist, das hängt wiederum wesentlich von der Natur des Stecklings und den Eigenschaften des Wassers ab. Wo das Wasser zur Pflanzenkultur weniger geeignet ist, wird ein mit Sand oder Kohlenpulver stark gemischter lockerer Humus, oder auch reines Kohlenpulver die besten Dienste thun. Bei der Anwendung von weichem Fluß- oder Regenwasser wird dagegen die Bewurzelung in reinem Sand oder Kohlenpulver geeigneter erscheinen. Der reine Quarzsand (vergl. S. 155) enthält nur sehr wenig Nahrungsstoffe und vermittelt also den Uebertritt des Wassers in ziemlich unveränderter Gestalt in den Steckling, wirkt mithin ähnlich, wie wenn derselbe in Wasser gesteckt würde, nur mit dem wichtigen Unterschiede, daß er das Uebermaß von Wasser ausschließt und dem Cultivateur erlaubt, die Wassergaben dem Bedürfniß anzupassen. Als Ersatz des Sandes kann man auch Ziegelmehl oder gebrannten Thon, namentlich als Mischtheil der Erde benutzen.

Kohlenpulver bietet dem Steckling ebenfalls keine Nahrungstheile, es saugt aber vermöge der großen Absorptionsfähigkeit der Kohle einen Theil der im Wasser enthaltenen fremdartigen Stoffe auf, und wirkt mithin zugleich ähnlich einem Filter, weßhalb es bei der Anwendung von schlechtem Wasser noch günstigeren Einfluß auf die Bewurzelung zeigt. Durchaus rein darf man es jedoch nie anwenden, sondern stets ein wenig vermengt mit humöser Erde, weil es für sich allein zu porös und den Steckling nicht genügend mit Feuchtigkeit versieht. Man benutzt deßhalb stets ein mit humösen Stoffen versetztes Kohlenpulver zu derartigen Zwecken, welches wir Kohlenlösche nennen wollen. Unser verehrter Freund Lukas war es, der den vortheilhaften Einfluß des Kohlenpulvers auf die Bewurzelung der Stecklinge im Jahre 1840 entdeckte. Wir haben schon damals uns gegen die Erklärung, welche jener Thatsache unterschoben wurde, in einer Abhandlung in der Allgemeinen Gartenzeitung (Jahrg. 1840, S. 182) ausgesprochen. Herr Dr. H. Buchner, welcher damals jene Versuche von Lukas beleuchtete, suchte die Wirksamkeit der Kohle, durch Zersetzung derselben und Bildung von Nahrungsstoff für die Pflanze zu erklären. Es ist jedoch bekannt genug, daß die Kohle weder durch Wasser, noch Alkalien ꝛc. gelöst werden kann, sowie daß sie bei der gewöhnlichen Temperatur des Wassers und der Luft keine Veränderungen erleidet. Dagegen saugt sie die verschiedensten Stoffe aus Wasser und Luft begierig an sich, gibt diese aber unter gewöhnlichen Verhältnissen erst bei 80 ° R. wieder ab. Daher rührt ihre antiseptische Kraft, die bei faulenden saftigen Pflanzentheilen sich so häufig erwahrt. Auch beim wurzellosen Steckling kann sie nur diese negative Wirkung besitzen, von einer Ernährung also keine Rede sein. Dagegen scheinen allerdings die unverletzten Wurzeln sich mittelst der endosmatischen Kraft die von der Kohle aufgesogenen Nahrungsstoffe aneignen zu können.

Digitized by Google

Verwende man nun Kohlenlösche oder Sand zur Aufnahme des Stecklings, so wird dieß am geeignetsten in folgender Weise angewendet. Unten in den zur Aufnahme der Stecklinge bestimmten Topf bringt man eine höhere Lage Topfscherben, um den ungehinderten Abzug des Wassers zu vermitteln. Ueber diese wird die Erdmischung gebracht, die für die betreffenden Pflanzen als die tauglichste bekannt, und oben auf bringt man eine so hohe Lage Kohlenlösche oder Sand, daß der Steckling mit seiner Schnittfläche noch in diesem steht. Sobald nun die Wurzelbildung beginnt, dringen die jungen Wurzeln der Stecklinge in die untere Erdschicht ein und finden hier die nöthige Nahrung, die ihnen weder Sand noch Kohle bieten könnten.

Wenn auf diese Weise der größte Theil der hartholzigen schwieriger wachsenden Stecklinge am besten gedeiht, so liefert für manche krautartige Pflanze, wie z. B. für Pelargonien u. a., eine sandige humusreiche, ja selbst oft mit Lehm gemischte Erde, wieder bessere Resultate. Es sind dieß Pflanzen, die wie es scheint basische Stoffe (Alkalien ꝛc.) auch als Steckling in sich aufnehmen müssen, wenn jene Umbildungen in ihrem Innern erfolgen sollen, die die Wurzelbildung veranlassen. Da Wasser, Erde, Sand je nach den verschiedenen Lokalitäten ebenfalls bedeutende Verschiedenheiten zeigen, so lassen sich in diesem Gebiete nur die allgemeinen Grundsätze andeuten. Einfache Versuche werden dann bald belehren, welches für einen bestimmten Ort in dieser Beziehung die geeignetsten Materialien sind.

Endlich müssen wir noch der verschiedenen Stoffe gedenken, mit denen man die Schnittfläche der Stecklinge umgeben hat, um auf die Bewurzelung zurückzuwirken. Bei diesen Versuchen ging man von der jedenfalls falschen Voraussetzung aus (vgl. S. 171 bis 172), daß die Pflanzen auch mittelst ihrer Blätter Wasser in sich aufnehmen könnten, und die Aufnahme von Wasser durch die Schnittfläche nur schädlich wirke, indem dadurch mehr Nahrungsstoffe in den Steckling überträten, als er verarbeiten könne. Man suchte daher durch Bestreichen der Schnittfläche durch Gummi, Harze ꝛc. sowohl das Eindringen des Wassers als der atmosphärischen Luft zu beseitigen, und erklärte die schlechten Ergebnisse, die derartige Versuche hatten, aus dem Umstand, daß durch die Bodenfeuchtigkeit jener Ueberzug bald aufgelöst werde. In neuester Zeit schien jene Theorie ihren schönsten Triumph zu feiern, als ein englischer Gärtner, Namens Lowe, seine Versuche mit Collodium (einer Auflösung von Schießbaumwolle in Aether) bekannt machte. Das Collodium ist eine Flüssigkeit, die an die atmosphärische Luft gebracht bald zu einer festen Membran erhärtet, welche undurchdringbar für Wasser und Luft ist. Taucht man einen Steckling mit seiner Schnittfläche in Collodium und läßt ihn sodann noch einige Minuten an der Luft liegen, so bildet sich eine fest anschließende Haut, welche das Austrocknen, aber auch das Eindringen des Wassers durch die Schnittfläche vollkommen verhindert, da auch durch die Bodenfeuchtigkeit jene Haut nicht zerstört wird. Herr Lowe will nun unter Anwendung dieses Mittels ganz vorzügliche Resultate

Digitized by Google

erhalten haben. Wir haben diese Versuche des Herrn Lowe in noch größerem Maßstabe im hiesigen Garten wiederholt und keinerlei günstige Resultate erhalten. Gegentheils wuchsen von den mit Collodium umgebenen Stecklingen durchschnittlich viel weniger, oft sogar kaum die Hälfte oder auch gar keine im Vergleich zu den nicht bestrichenen, in Kohle oder Sand gesteckten. Nur wo Stecklinge in Erdmischungen gesteckt wurden, schien das Bestreichen mit Collodium von etwelchem Vortheile sein.

Es stehen diese Ergebnisse auch in dem schönsten Einklange mit der von uns vertretenen Theorie, nach der die Wurzelbildung zwar aus vorhandenen Nahrungsstoffen hervorgeht, aber wesentlich durch die Aufnahme von Feuchtigkeit durch die Schnittfläche begünstigt wird, insofern diese zur Umsetzung der in anderer Form vorhandenen Stoffe wesentlich nothwendig. Wir geben nun zwar zu, daß der Steckling auch mit der Rindenschicht des Stengels, so weit diese in den Boden gesenkt wird, etwas Wasser aufnehmen kann, und erklären es uns daraus, daß in manchen Fällen, wo nur eine sehr geringe Aufnahme von Wasser nothwendig, der Ueberzug mit Collodium wirklich von Vortheil sein kann. Ebenso wird derselbe bei Stecklingen, die in die Erde gesteckt werden, das Uebertreten ungeeigneter Nahrung verhindern und insofern wohlthätig wirken. Wird aber der Steckling auf die von uns früher angedeutete Weise in ein durchaus geeignetes Material eingesenkt, so wird dieß stets vortheilhaftere Einwirkung als das Bestreichen mit Collodium ausüben. Vom theoretischen Standpunkt kann das Verkleben der Schnittfläche des Stecklings mit irgend einer Materie nur dann vertheidiget werden, wenn diese gleichsam die Funktionen der Wurzel vertritt, d. h. wenn sie nur sehr dünn gelöste Flüssigkeiten in den Pflanzenkörper übertreten läßt.

Wenn wir es verständen, den Membranstoff in einer solchen Lösung darzustellen (Collodium ist allerdings eine Lösung von Pflanzenfasern, aber erstarrt in einer vom Wasser ganz undurchdringbaren Form, also ähnlich dem Stoffe der Cuticula), so würde mit Ueberzug eines solchen Stoffes das natürlichste Mittel gefunden sein. Gelingt dieß nun auch sehr wahrscheinlich nicht, so ist doch noch die Möglichkeit vorhanden, daß die Chemie zu solchen Zwecken mit der Zeit einen ähnlichen Stoff darstellen wird. Gestoßene Kohle ist vorläufig der einzige Stoff, der diese Eigenschaft des Membranstoffes einigermaßen ersetzt, indem sie gleichsam das in den Steckling übergehende Wasser filtrirt. Es ist daher bei Stecklingen die in gewöhnliche Erde gesteckt worden, schon vortheilhaft nur unmittelbar, um die Schnittfläche herum etwas Kohlenpulver zu bringen oder den Steckling an seiner Schnittfläche zu befeuchten und vor dem Stecken in Kohlenpulver zu tauchen. Mit großem Vortheil haben wir zu diesem Zwecke in letzter Zeit im hiesigen Garten eine dünne Lösung von Gummi arabicum benutzt, in welche so viel Kohlenpulver gebracht ward, bis das Ganze einen dichten Brei bildete. Hierein ward das untere Ende der Stecklinge getaucht und vermöge der Adhäsionskraft des Gummi gelang es auf diese Weise, die Schnittfläche

Digitized by Google

des Stecklings vor dem Einsenken dicht mit Kohlenpulver zu umgeben. Diese Umgebung zeigte durchschnittlich eine höchst vortheilhafte Einwirkung auf das Gedeihen des Stecklings, welche namentlich dann am sichtbarsten hervortrat, wenn die Stecklinge in Erde eingesenkt wurden. Sie wirkte also durch Ausschließung zu kondensirter Nahrung, ohne das Uebertreten des Wassers zu verhindern, zeigte also weder die Nachtheile des Collodiums, noch die des reinen Kohlenpulvers.

Ob durch einen Ueberzug der Schnittfläche mit Collodium bei den Saftpflanzen ꝛc. das gleiche Resultat erzielt werden kann, wie durch das Abtrocknen in der Sonne, darüber fehlen uns die Erfahrungen noch, wir bezweifeln es aber. Denn durch das Abtrocknen wird zugleich mittelst Abgabe von Feuchtigkeit auf den ganzen abgenommenen Pflanzentheil zurückgewirkt, es erfolgt in Folge dessen die Bildung fester Stoffe, welche dann bei erneuter Aufnahme von Wasser sich wieder umbildend, schneller die Bewurzelung bedingen, als diese ohne das Abtrocknen (einer künstlich nachgeahmter Ruheperiode) stattgefunden haben würde.

B. Vermehrung durch Steckholz.

Es ist dieses die einfachste aller Methoden der Fortpflanzung durch Stecklinge. Der beste Zeitpunkt zum Schneiden der dazu bestimmten Zweige ist der Herbst nach erfolgtem Blätterfalle. Je nach dem Wachsthum schneidet man die Zweige auf vier bis sechs Augen, benutzt jedoch den dünnsten Theil der Aeste nicht. Da man hauptsächlich nur unsere ausdauernden Sträucher und Bäume auf diese Weise vermehrt, so werden die zurechtgeschnittenen Zweige zusammengebunden und mit ihrer untern Hälfte in diesem Zustande den Winter hindurch in ein Sandbeet im Freien eingeschlagen. Hier überzieht sich deren Schnittfläche bis zum folgenden Frühling mit Callus, worauf sie Ende März oder im April auf gut bearbeitetes Land in der Weise reihenweise schief eingesteckt werden, daß nur das oberste oder die zwei obersten Augen hervorsehen. Die Gründe solchen Verfahrens sind im Vorhergehenden dargelegt. Das schiefe Einstecken geschieht nur deßhalb, damit das untere Ende des Steckholzes nicht zu tief in den Boden kommt und also die abgehenden jungen Wurzeln noch gut bearbeitetes Land unterhalb finden. Auf diese Weise wachsen z. B. die meisten Arten der Gattungen **Deutzia, Elæagnus, Jasminum, Lonicera, Philadelphus, Platanus, Populus, Ribes, Salix, Sambucus, Syringa, Tamarix, Viburnum, Vitis** und **Weigelia** leicht und sicher. Die schwieriger wachsenden **Pyrus-** und **Prunus-Arten** können dadurch zur Wurzelbildung veranlaßt werden, wenn man das ähnlich behandelte Steckholz im Frühling anstatt in Erde, in Gefäße mit Regen- oder Flußwasser stellt.

C. Vermehrung durch Stecklinge.

Die allgemein gültigen Regeln haben wir schon unter A kennen gelernt. Als speziell für diese Art der Fortpflanzung gültig, haben wir

Digitized by Google

hier nur noch die Mittel zu betrachten, deren man sich bedient, um den Steckling bis zur Wurzelbildung lebenskräftig zu erhalten, sowie zugleich ein Blick auf die Lokalitäten und Einrichtungen geworfen soll, die zum Gelingen der Stecklingszucht nothwendig sind. In erster Linie ist es bekannt, daß ein belaubter abgeschnittener Zweig, der unter gewöhnlichen Verhältnissen der Einwirkung der Sonne und Luft ausgesetzt wird, selbst wenn er mit seiner Schnittfläche in Wasser steht, nicht so viel Wasser durch diese in sich aufzunehmen im Stande ist, als er durch die Verdunstung verliert. Je höher der Vegetationszustand, je jünger und zarter die Bildung von Holz und Blättern, in je höherem Grade ist dieß der Fall. Die Mittel, um hier das richtige Gleichgewicht zwischen Aufnahme und Abgabe herzustellen, stehen daher in genauer Beziehung zu dem, was in § 20 über die Verdunstung gesagt worden ist. Durch Herstellung einer abgeschlossenen unbewegten feuchten Luft und Verhinderung der direkten Einwirkung des Sonnenlichtes gelangt man hier zum Ziele.

Man bedient sich daher entweder eigener zur Vermehrung eingerichteter Gewächshäuser, wo die Stecklinge, sei es direkt oder in Töpfen, in Beete eingesenkt werden, deren Temperatur durch besondere Heizungen oder fermentirende Stoffe geregelt werden kann. Die Konstruktion solcher Häuser werden wir im folgenden Bande in dem über den Bau von Gewächshäusern handelnden Kapitel kennen lernen.

Es können jedoch die meisten Pflanzungen, auch ohne solche Häuser, in Fensterbeeten fortgepflanzt werden. Man gibt den zur Vermehrung bestimmten Beeten eine nur geringe Neigung der Fenster, damit die Stecklinge gleich weit vom Licht zu stehen kommen. Man sieht ferner darauf, daß die Fenster gut schließen und nirgends der äußeren Luft den Zutritt gestatten. Für Pflanzen der gemäßigten Zone wendet man daselbst entweder gar keine erhöhte Bodentemperatur an, oder man erwärmt solche nur durch Lohe oder Laub, welche eine lange anhaltende gleichmäßige Bodentemperatur von 12 bis 15° R. geben. Für die Pflanzen der Tropen werden dagegen stärker fermentirende Stoffe angewendet, und es begünstigt hier eine gleichmäßige Wärme von 20 bis 25° R. die schnelle Bewurzelung ungemein. Durch zweckmäßiges Ueberspritzen, welches bei hellem Wetter vermehrt, bei trübem Wetter verringert wird, sowie durch sorgfältige Beschattung bei Sonnenschein kann man auf eine beliebig feuchte Atmosphäre in solchen Kästen zurückwirken. In letzterer Beziehung ist zu bemerken, daß gebrochenes Sonnenlicht eine sehr wohlthätige Einwirkung auf das Gedeihen der großen Mehrzahl der Stecklinge zeigt und daß man in einem in schattiger Lage angelegten Vermehrungsbeet daher viel weniger gute Resultate erhalten wird, wie in einem solchen, welches sonnig liegt und bei Sonnenschein mit leichten Tüchern beschattet wird. Um bei durchaus sonnig gelegenen Beeten nicht durch vernachlässigte Beschattung bei plötzlichem Sonnenschein Verluste zu erleiden, streicht man die Fenster der Vermehrungsbeete auch wohl mit einer dünnen Kalkmilch oder verdünnten weißen Oelfarbe an, welches schon diffuse Vertheilung der Lichtstrahlen bedingt. Im Uebrigen versteht es sich, daß man

Digitized by Google

bei solchen Vorsichtsmaßregeln, nicht bei Sonnenschein die nothwendigen Arbeiten an den Stecklingen vornimmt, sondern hierzu die kühlen Morgen- und Abendstunden benutzt.

Wenn es so schon für die meisten Fälle gelingt, eine den Stecklingen konvenirende feuchtwarme Atmosphäre herzustellen, die gleichzeitig die Verdunstung bedeutend verringert und in Folge dessen die Assimilation beschleunigt, so genügt dieß doch noch nicht für alle Fälle. Vorzüglich bei den lange ohne Wurzeln stehenden hartholzigen Stecklingen unserer zarteren immergrünen Gewächshauspflanzen wird noch die Bedeckung mit einer zweiten Glashülle nothwendig, um die äußere Luft noch mehr abzuschließen und um das Absetzen der Feuchtigkeit der Luft in tropfbarer Form am Glas zu verhüten, was bei einfacher Deckung mit Glas bei ungleichen äußeren und inneren Temperaturen im hohen Grade geschieht und also die Luftfeuchtigkeit bald verringert. Man bedient sich hierzu ganz allgemein der Glasglocken, welche noch über den Stecklingstopf gedeckt werden. Früher benutzte dazu nach allen Seiten geschlossene Glocken. Da in diesen aber die Luft in Folge des Athmungsprozesses der Blätter, der Verwesung der Erde ꝛc. bald verdirbt, so müssen solche Glocken täglich gereinigt werden, damit bei diesem Geschäft zugleich die Luft unter der Glocke vollkommen erneuert werde. Um diese zeitraubende Arbeit zu ersparen, benutzt man daher jetzt meistentheils trichterförmige, in der Spitze geöffnete Glocken, welche sich gegen ihre obere Oeffnung allmälig verjüngen, damit die von innen sich ansetzende Feuchtigkeit längs dem Glas herabläuft und nicht auf den Steckling abtropft.

Fig. 68.

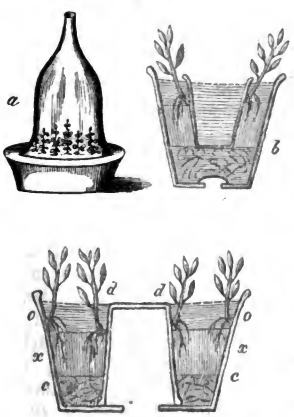


Fig. 68 a gibt die Ansicht eines zur Aufnahme von Stecklingen vorgerichteten Napfes, über den eine solche Glocke gedeckt ist. Die Glocke selbst soll immer ziemlich kleiner als der Napf sein, damit man den Topf noch begießen kann, ohne die Glocke zu lüften. Lediglich mit Hülfe solcher Glocken kann der Privatmann, dem die vollkommneren Einrichtungen abgehen, selbst im Zimmerfenster oder noch besser in dem für Blumen eingerichteten Doppelfenster schon manche leichter wachsende Pflanze fortpflanzen.

Wenn gleich wir hier nicht mehr ins Spezielle eingehen können, so wollen wir doch noch bemerken, daß die leicht und schnell wachsenden Stecklinge der krautartigen Pflanzen immer nur unter einfache Glasbedeckung gebracht zu werden brauchen, ja daß doppelte Bedeckung derselben schon größere Vorsicht nothwendig macht, wegen leichter entstehender Fäul-

Digitized by Google

niß, veranlaßt durch gänzlich stagnirende Luft. Mancher beblätterte Steckling bedarf sogar nicht einmal der einfachen Glasbedeckung, so wurzeln z. B die Scarlet-Pelargonien, an einem schattigen geschützten Ort im freien Lande gesteckt, ziemlich gut. Auch die gewöhnlichen großblumigen Spielarten der Pelargonien gedeihen nicht gut, wenn man die Luft allzu ängstlich von denselben abschließt, sondern sobald bei ihnen die Callusbildung erfolgt ist, thut es sehr gute Dienste, etwas frische Luft ins Beet treten zu lassen. Cacteen und überhaupt die Saftpflanzen, weichen insofern bedeutend ab, als sie, wie schon vorher angedeutet ward, zu ihrer Bewurzelung gerade einen hellen sonnigen Standort und nur sehr mäßige Feuchtigkeit der Luft verlangen, wenn sie nicht faulen sollen.

Dagegen gedeiht hinwiederum die größte Zahl der immergrünen hartholzigen Kalthaussträucher nur dann sicher, wenn sich im Beete oder Hause nochmals mit Glocken bedeckt werden, so z. B. die Ericen, Epacris, Proteaceen, sowie überhaupt alle die, welche man unter der Bezeichnung von feinern Neuholländern und Capensern zusammenfaßt, zu denen aber auch noch so manche hartlaubige Gebirgspflanze der Tropen gehört.

Wenn es nun unter solchen Vorsichtsmaßregeln ziemlich leicht gelingt, den beblätterten Steckling frisch zu erhalten, so bedingen dieselben doch einen andern nicht unwesentlichen Uebelstand. Es tritt nämlich durch Uebermaß der Feuchtigkeit der Luft, namentlich bei anhaltend trübem Wetter, leicht Fäulniß ein, welche sehr schnell um sich greift und alle benachbarten Stecklinge ansteckt. In einem gut unterhaltenen Vermehrungshause oder Vermehrungsbeete soll daher stets der größtmöglichste Grad von Reinlichkeit herrschen. Jedes faulende Blatt soll sogleich weggenommen werden und alle unter Glocken befindlichen Stecklinge in dieser Beziehung fleißig nachgesehen und die Glocken selbst häufig gereinigt werden. Solche Vorsicht trägt ungemein viel zur Unterhaltung einer frischen gesunden Luft und zum Gelingen der Stecklingskultur bei. Ein Gärtner, der in dieser Hinsicht nicht die höchste Akkuratesse beobachtet, wird nie mit den schwierigern Stecklingen gute Erfolge haben.

Endlich ist noch vollkommenste Ableitung des Wassers, damit die Erde durch das stagnirende Wasser nicht versäuert und dem Steckling nie zu viel Feuchtigkeit auf einmal zugeführt wird, eine letzte Bedingung, welche sehr genau ins Auge gefaßt sein will, wenn die Stecklinge anschlagen sollen. Hohe Unterlage von Scherben, über die allenfalls noch eine dünne Lage Torfmoos gedeckt werden kann, haben wir schon als eines dieser Mittel genannt. Andere Hülfsmittel, den Steckling vor zu starker Aufnahme von Wasser zu bewahren, bestehen darin, daß man dieselben unmittelbar am Topfrande oder mit der Schnittfläche gegen die innere Topfwandung gerichtet einsteckt, wie dieß Fig. 68 c bei o o zeigt. Um jede Verstopfung des Abzuges des Wassers unmöglich zu machen, sowie das Eindringen von Würmern in die Erde zu verhindern und zugleich auch in der Mitte des Stecklingsnapfes einen Raum zu gewinnen, wo die Stecklinge ebenfalls an eine Topfwandung

Digitized by Google

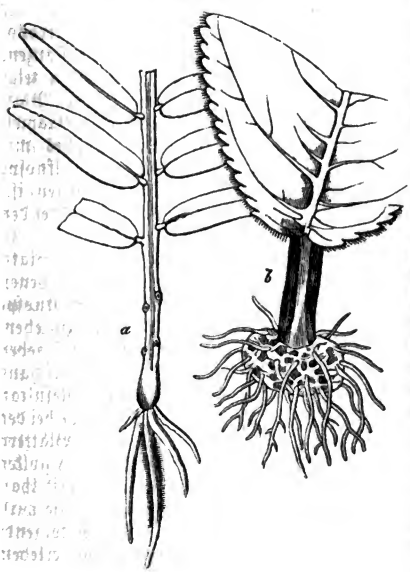
gesteckt werden können, stellt man auch wohl einen kleineren leeren Topf umgekehrt über das Abzugsloch, wie dieß Fig. 68 c zeigt. Hier senkt man nun auch noch Stecklinge um diesen Topf herum ein, wie dieß bei d d zu sehen ist. Die übrige Füllung des Napfes verhält sich so, wie früher angegeben. Auf dem Boden bei c c eine Lage Scherben, darüber bei x x die geeignete Erde und oben bei o o Sand oder Kohlenlösche.

Von einer zweiten Methode, welche den gleichen Zweck hat, gibt Fig. 68 b die Darstellung. Hier wird in einem tiefen Topf ein zweiter kleinerer ohne Abzugsloch gesenkt. Die Füllung ist die gleiche, die Stecklinge werden aber nur an die Wandung des inneren Topfes gesteckt, und dieser wird stets voll Wasser gehalten. Das letztere durchdringt den porösen Topf allmälig und liefert dem Steckling gerade die genügende Feuchtigkeit.

D. Vermehrung durch Blattstecklinge.

Daß ein vollkommen ausgebildetes Blatt, sofern es je nach seiner Natur unter geeignete Verhältnisse gebracht wird, die sich denen der Stecklinge durchaus anschließen, das Vermögen besitzt, Wurzeln aus seiner Schnittfläche zu entwickeln, haben wir schon einläßlich besprochen.

Fig. 69.



Diese Wurzeln treten jedoch nicht immer seitlich ab, sondern entspringen oft unmittelbar aus der Schnittfläche, seitlich sich den durchschnittenen Holzbündeln anlegend. Wird ein solches Blatt für sich allein gesteckt, so entwickelt dieß entweder ähnlich einem Steckling seine Wurzeln, wie dieß Fig. 69 a ein Blatt von Clianthus puniceus zeigt. Ein solches Blatt kann oft aber jahrelang stehen, verhältnißmäßig groß und stark werden und reichliche Bewurzelung zeigen, ohne daß es eine Knospe entwickelt. Es bietet mithin ein solches Blatt die eigenthümliche Erscheinung einer Pflanze dar, die alle Funktionen der Ernährung verrichten kann, ohne das Vermögen des ferneren Wachsthumes zu besitzen. Krautartige Blätter

Digitized by Google

erhalten unter diesem Einfluß zuweilen das Ansehen von immergrünen, eine Erscheinung, die schon Knight an einem Blatte von Mentha beobachtete. Ueberall da, wo bewurzelte Blätter später Knospen bilden, treten diese nur in zwei Richtungen auf. Entweder nämlich entwickeln sie sich an einem beliebigen Punkte des Blattes als selbstständiges Knospengebilde, wie wir dieß § 35, Fig. 61 besprachen, oder es bildet sich an der Schnittfläche des durchschnittenen Blattes eine knollenartige Callusbildung, wie dieß Fig. 69 b an einem Blatte von Gloxinia zeigt. Diese Knolle verhält sich jedoch anfänglich durchaus wie eine wahre Wurzel, indem sie keine Spur einer Knospe in der gleichen Vegetationsperiode zeigt. Erst wenn das Blatt, was dieselbe erzeugt hat, abgestorben ist und die Knolle unter dem Einflusse von Trockenheit eine Zeit lang geruht hat, da bildet sich im nächsten Frühling auf ihrer Spitze eine Adventivknospe. Diese Eigenthümlichkeit zeigt der größte Theil der Gesneriaceen, namentlich die Gloxinien, Gesneren ꝛc. Man kann bei denselben sogar ein Blatt in mehrere Stücke zerschneiden, und alle werden unter geeigneter Behandlung (die sich bei allen Blattstecklingen, der anderer Stecklinge durchaus, anschließt) solche Knollen bilden.

Außer den Gesneriaceen und den angrenzenden Familien gibt es jedoch wenige andere Pflanzen, die sich durch Blattstecklinge sicher fortpflanzen lassen. Benutzt man jedoch die Eigenschaft eines ausgebildeten Blattes, Wurzeln zu erzeugen, in der Weise, daß man das Blatt mit seiner Achselknospe und etwas altem Holz aus seiner Mutterachse herausschneidet, so gelingt das Experiment bei einer großen Zahl von Pflanzen.

Fig. 70.

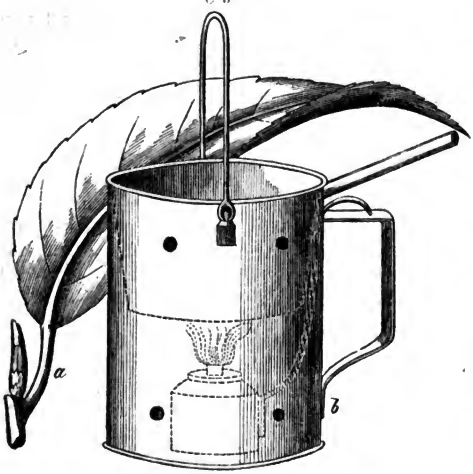


Fig. 70 a zeigt ein solches Blatt von einer Camellia, welches mit der Achselknospe ausgeschnitten ist. Auch selbst bei den Gesneriaceen ist diese Art von Blattstecklingen denen ohne Achselknospe weit vorzuziehen, denn sie geben stets ein durchaus sicheres Resultat, während es bei den von den Blättern gebildeten Knollen immer zweifelhaft bleibt, ob sie wirklich das folgende Frühjahr erleben,

Digitized by Google

um dann Knospen zu bilden. Der größte Theil der Pflanzen mit großen immergrünen oder mit saftigen Blättern kann auf diese Weise ebenfalls mit ziemlicher Sicherheit fortgepflanzt werden.

§ 39. Vermehrung durch Veredlung.

Im Vorhergehenden sahen wir, daß die Knospe oder überhaupt ein abgetrennter Pflanzentheil das Vermögen besitzt, durch Bildung der fehlenden Organe zum selbstständigen Individuum zu werden. In anderer Richtung können sich aber Knospen oder Pflanzentheile auch mit anderen Pflanzen vereinigen, aus diesen ihre Nahrungssäfte beziehen und mit ihnen ein gemeinschaftliches Leben führen, worauf gerade jene Operationen begründet sind, die man mit dem gemeinschaftlichen Namen „Veredeln" bezeichnet, ein Name, der jedenfalls sehr unpassend gewählt ist.

Dieses Veredeln tritt überall da an die Stelle der Fortpflanzung durch Stecklinge ꝛc, wo entweder Stecklinge nur schwierig wachsen, oder wo es Aufgabe der Kultur ist, noch schneller starke junge Pflanzen zu erziehen, als dieß durch Aussaaten oder Stecklinge geschehen kann.

Durch die Veredlung wird im Allgemeinen durchaus das gleiche, wie durch jede andere ungeschlechtliche Fortpflanzung erreicht, nämlich Vervielfältigung der Abart. Es ist bekannt, daß viele Pflanzen, die aus Stecklingen nur sehr schwierig wachsen, mittelst der Veredlung auf verwandte Pflanzen oder die Wildlinge (d. h. auf Samenpflanzen oder Wurzelausläufer) oder endlich die Wurzeln der gleichen Art sehr leicht gedeihen, so z. B. die meisten unserer Obstarten, viele hartholzige Bäume und Sträucher, wie Buchen, Eichen, die einmal blühenden Rosen. Die Vereinigung des Edelreises mit einer anderen Pflanze beruht immer auf dem Zusammentreffen der Theile der Pflanze, wo eine junge Holzschicht gerade in der Entwicklung begriffen ist, so daß sich die in Folge der Verwundung an Edelreis und Wildling austretenden Callusschichten an einander lagern und durch ihre Vermittelung der Nahrungssaft des Wildlings in das Edelreis übertreten kann Bei den Dicotyledonen, wo diese Neubildung einer jungen Holzschicht sehr regelmäßig zwischen Holz und Rinde stattfindet, beruhen daher alle Arten der Veredlung auf möglichst genauer Vereinigung dieser Schichten an wenigstens einer Stelle beider Theile. Bei Monocotyledonen dagegen gelingen Veredlungen im Allgemeinen nur bei solchen Pflanzen, die in ihren Knotengebilden saftiges junges Zellgewebe in reichlicher Menge besitzen, mittelst Vereinigung dieser Theile, so z. B. bei den Gräsern.

Wenn einzelne Augen oder ganze Zweige mittelst der Veredlung mit starken gesunden Wildlingen verbunden werden, so ist es einleuchtend, daß, sobald alle von den letzteren aufgenommene Säfte dem Edelreis zugeleitet werden, das Wachsthum desselben viel schneller vor sich gehen muß, wie wenn es als Steckling zur selbstständigen Entwickelung gebracht wird. Ursprünglich mag wohl die Beobachtung, daß die Aeste mancher Bäume, da wo sie dicht an einander liegen und durch die Bewegung vom Wind an den an einander liegenden Stellen wundgerieben,

Digitized by Google

mit einander verwuchsen, auf die Manipulationen der Veredlung geleitet haben, welche zu den ältesten bekannten Verrichtungen des Gartenbaues gehören. Schon die alten Kulturvölker, wie z. B. die Phönizier, Karthager, die Griechen und Römer, kannten die Veredlung, und Plinius der Aeltere beschreibt schon das Okuliren, Pfropfen und Kopuliren ziemlich einläßlich. Dagegen sind die Ideen, welche derselbe über die Möglichkeit der Veredlung besitzt, noch sehr verworren, indem er z. B. erzählt, daß er bei Tibur Tullia einen Baum gesehen habe, der zugleich Nüsse, Steinobst, Aepfel, Trauben, Feigen, Granaten getragen habe, die hier mittelst der Veredlung auf einen einzigen Baum vereinigt worden seien. Aehnliche Ansichten pflanzten sich von den Römern zu unseren Vorfahren fort, und als mit der Wiederbelebung der Künste und Wissenschaften einzelne Schriftsteller, wie Bradeley, Forsyth, Laquintinie, Duhamel, Agrikola u. a., über die hohe Wichtigkeit der Veredlungen für landwirthschaftliche Zwecke schrieben, da glaubte man jeden beliebigen Baum auf diese Weise umändern und unsere Waldungen in Obstgärten verwandeln zu können.

Erst unserer Zeit war es aufbehalten, die Gesetze, welche bei diesen Operationen sich geltend machen, genauer aufzudecken und in Folge dessen der Operation des Veredelns eine solche Ausdehnung zu geben, wie diese namentlich von den Franzosen in neuester Zeit mit dem glücklichsten Erfolge betrieben wird.

Nach diesen allgemeinen Bemerkungen über eine der wichtigsten Operationen des Gartenbaues, wollen wir nun zur speziellen Betrachtung derselben in ihrem Verhältniß zum Pflanzenleben übergehen.

A. Allgemeine Regeln bei Ausführung der Veredlungen.

Es lassen sich diese großentheils auf die gleichen Gesetze zurückführen, welche wir schon bei der Vermehrung durch Stecklinge betrachteten, weßhalb wir hier ziemlich kurz sein können. Sie bestehen in den folgenden:

1. Die Veredlung soll zur Zeit der Saftperiode von Wildling und Edelreis vorgenommen werden. Da die Vereinigung durch neu gebildetes Zellgewebe bedingt wird, so ist es klar, daß nur dann die Veredlung ein günstiges Resultat haben kann, wenn sie zu einer Zeit vorgenommen wird, wo kräftige Neubildung von Holz stattfindet, eine Zeit, die mit der Saftperiode der Holzgewächse überhaupt zusammenfällt, sei dieß nun die Periode des ersten Frühlingstriebes oder des zweiten Sommertriebes. Es genügt dabei jedoch nicht, daß nur der Wildling im Safte ist, sondern auch das Edelreis muß sich im gleichen Zustande befinden. Namentlich beim Okuliren, sowie beim Veredeln von immergrünen Gewächshauspflanzen hat Vernachläßigung dieser Regel das häufige Mißlingen der Operationen zur Folge. Ausnahmsweise gelingen allerdings Kopulationen, sowie das Pfropfen in die Seite bei manchen unserer Bäume und Sträucher während des Winters zur Ruhezeit. Eine Verbindung des Edelreises mit dem Wildling tritt jedoch in diesen Fällen erst mit der Saftperiode ein. Das

Digitized by Google

Gelingen solcher Operationen beruht wesentlich nur darauf, daß durch innige Verbindung und guten Verschluß das Edelreis und Wildling unverändert im Ruhezustand beharren, bis sie sich mit einander verbinden können. Es gelingen daher auch Winterveredlungen mittelst Pfropfens in den Spalt, wo der Wildling viel mehr verletzt und die Wunde nicht so genau geschlossen werden kann, durchschnittlich sehr selten.

Ruhende Pflanzen, die man mitten im Winter im Vermehrungshause veredelt, müssen zuvor unter Einwirkung höherer Temperaturen erst ins Leben gebracht werden. Dieß gilt z. B. bei der Winterveredlung der Rosen, der Rhododendron, Camellien, Coniferen, Akazien und vielen anderen. Für unsere laubwerfenden Bäume ist die Zeit, ehe die Knospen austreiben, und die des zweiten Triebes im Sommer die geeignetste. Manche Pflanzen endlich, die im Sommer ruhen und im Herbst in Saft treten, werden am zweckmäßigsten zu dieser Zeit veredelt, so z. B. die baumartigen Päonien, welche man auf Wurzeln der staudigen Päonien Ende August und Anfangs September aufsetzt, u. a. m.

2. Die Veredlung soll schnell, sorgfältig und mit scharfen Instrumenten ausgeführt werden. Wie der Steckling darf weder Edelreis noch Wildling an der Stelle, wo sie vereinigt werden, abtrocknen, bevor sie an einander befestigt werden, damit Vertrocknung der obersten Schichten des Zellgewebes, dem Austreten des jungen Zellgewebes kein mechanisches Hinderniß in den Weg stellt. Dabei muß die Vereinigung selbst aber auch sorgfältig geschehen, damit an einer Seite wenigstens Rinde auf Rinde und junge Holzschicht auf junge Holzschicht ganz genau paßt. Da Uebung in der Ausführung dieser Operationen allein es ist, welche Schnelligkeit und akkurate Ausführung vereinigen kann, so beruht es hierauf, daß eingearbeitete Leute in dieser Beziehung stets mit viel mehr Aussicht auf Gelingen arbeiten können, als Anfänger, wenn gleich letztere die Manipulation nach allen Regeln der Kunst ausführen. Aus dem gleichen Grunde sind auch die einfachsten Veredlungsmethoden stets die besten und bei Ausführung im Freien trübes Wetter besser als sonnige heiße Witterung. Scharfer reiner glatter Schnitt bedingt nur allein vollkommenste Vereinigung und wirkt auch außerdem wie beim Steckling.

3. Erhaltung des Edelreises bis nach erfolgtem Anwachsen. Wie der Steckling zur Wurzelbildung bald lange, bald kürzere Zeit gebraucht, so geht auch die Vereinigung von Edelreis und Wildling bald früher, bald später von statten. Werden zur Veredlung noch nicht ausgetriebene Augen oder Reiser mit noch ruhenden Knospen benutzt, so genügt es, dafür zu sorgen, daß die Luft nicht zur Veredlungsstelle treten und deren Austrocknung veranlassen kann, da der ruhende Zweig sehr wenig oder gar nicht verdunstet. Die gebräuchliche Methode, dieß zu bezwecken, besteht darin, zunächst einen Verband mit Bast oder dicken Wollfaden anzulegen, der das Edelreis zweckmäßig befestigt und dann diesen mit Baumwachs * zu umgeben, welches die

* Eine Mischung aus gelbem Wachs, weißem Pech und Terpentinöl. Bei der Veredlung zarter Gewächshauspflanzen bedient man sich noch vortheilhafter des Collodiums,

Digitized by Google

Luft abschließt. In Baumschulen und überall da, wo viel veredelt wird, wird dieses Wachs gemeiniglich im flüssigen erwärmten Zustande aufgetragen und hierdurch allerdings der Abschluß der Luft im höchsten Grade erreicht. Damit geht jedoch zugleich auch ein Uebelstand Hand in Hand, denn wird diese Erwärmung über offerem Feuer bewirkt und dadurch die Masse zu heiß, so tödtet die Hitze derselben beim Auftragen die bloß gelegten Stellen oder beim Pfropfen in den Spalt in diesen eindringend, wohl auch einen Theil des Reises und Holzes des Wildlings und verhindert so das Gelingen der Operation. Man bedient sich daher am zweckmäßigsten besonderer Pfropfpfannen, wie Fig. 70 b eine solche in einem Drittel ihrer natürlichen Größe darstellt. Die oben eingehängte Pfanne enthält das Wachs, welches die darunter befindliche Oellampe, deren Feuer regulirt werden kann, gerade flüssig erhält, ohne dasselbe zu sehr zu erhitzen. Mittelst Auftragen des flüssigen Wachses mit einem Pinsel rings um die Veredlungsstelle wird der Abschluß der Luft am vollkommensten und schnellsten bedingt. Man bedient sich wohl auch eines zuvor tüchtig durchgearbeiteten Wachses, welches kalt umgelegt wird, doch geht dieß viel langsamer von Statten. Mit Wachs bestrichene Bänder aus Baumwolle oder Papier werden ebenfalls noch hier und da angewendet. Sie haben den Vortheil, daß sie beim Wachsen der Veredlungsstelle nachgeben und daher später nicht gelöst zu werden brauchen. Bei naßkaltem Wetter angelegt springen sie aber gern ab.

Wenn das Edelreis schon weit vorgerückt, d. h. wenn dessen Knospen schon stark ausgebildet sind, dann hält sich dasselbe oftmals nicht bis zum erfolgten Anwachsen, sondern es vertrocknet dasselbe bei trockenem sonnigem Wetter in Folge der Verdunstung der Knospen, bevor eine Vereinigung mit dem Wildling stattfinden konnte. Da nun die Veredlungen im freien Lande fast alle zur gleichen Zeit gemacht werden sollten, so daß es kaum möglich wäre, die Arbeit in Baumschulen rechtzeitig zu vollenden, und da ferner die erste Entwickelungsperiode der Knospen am Wildling zum Aufsetzen von Edelreisern ebenfalls noch geeignet ist, so schneidet man die Propfreiser zur Zeit, wenn der Saft in die Bäume tritt, und bewahrt sie dann eingeschlagen an einem schattigen kühlen Orte auf, damit ihre Entwickelung in dem Zustande längere Zeit verharrt, wo sie zum Veredeln am geeignetsten erscheinen. Man schneidet aus dem gleichen Grunde die Edelreiser auch wohl schon im Herbste oder Winter; es ist dieß jedoch für die meisten Zierbäume und Ziersträucher nicht von Vortheil, weil dann das Edelreis nicht so in den Saft tritt, wie dieß geschieht, wenn man solches erst im Früling schneidet. Nur bei den meisten Obstarten ist dieses Verfahren allerdings vortheilhaft. Während des Veredelns hebt man die zuvor geschnittenen Reiser in einem

welches flüssig aufgetragen, sogleich zur luftdichten Membran erstarrt. Es muß dieses jedoch in mit Glasstöpseln gut geschlossenen Flaschen aufbewahrt werden. Wegen der Flüchtigkeit des Aethers, in welchem die Schießbaumwolle aufgelöst wird, würde die ganze Masse, der Luft ausgesetzt, bald erhärten. Leider wird der Kostenpunkt die Anwendung dieser Flüssigkeit noch sehr erschweren.

Digitized by Google

Gefäße auf, in welchem sie mit der Schnittfläche in Wasser gestellt werden. Das vollständige Zurechtschneiden des Reises geschieht jedoch immer erst unmittelbar vor der Operation.

Bei Veredlungen endlich, welche mit immergrünen oder belaubten Zweigen ausgeführt werden, da treten durchaus die gleichen Vorsichtsmaßregeln ein, wie wir solche bei den Stecklingen zur Erhaltung bis zur Wurzelbildung angegeben haben, nämlich Vornahme der Operation in abgeschlossenen Räumen und Herstellung einer feuchten Luft. Nur die Veredlung mancher Tannenarten, wie z. B. von den langnadeligen Arten auf Pinus silvestris und Pinus Strobus ꝛc. gelingt auch im freien Lande unter dem gewöhnlichen Verfahren, d. h. wenn die Aeste aufgesetzt werden, wenn deren Spitzenknospe dem Ausbrechen nahe. Bei allen Veredlungen in abgeschlossenen feuchten Räumen, da ist die Umgebung der Veredlungsstelle mit Wachs überflüssig, oft sogar schädlich, es genügt hier ein ganz lose gewundener Verband, denn in einer Atmosphäre, wo die Blätter nicht vertrocknen, leidet das Holz natürlich gar nicht, und die Callusbildung nach außen geht noch leichter von Statten.

4. Behandlung der veredelten Pflanze vor und nach dem Veredeln. Die verschiedenen Arten der Veredlung werden entweder in die Seite oder auf die Spitze des abgeschnittenen Wildlings gemacht. Da nun das Anwachsen des Edelreises vornehmlich auf der Callusbildung oder dem Emporsteigen des Bildungssaftes bis zur Veredlungsstelle beruht, so ist es besonders bei den Veredlungen auf die Spitze des hochstämmigen Wildlings Aufgabe der Kultur, dafür zu sorgen, daß auch der Bildungssaft wirklich dahin gelangt. Man erreicht dieses am ehesten dadurch, wenn man den Wildling unmittelbar über einem jungen Aestchen oder wenigstens einer kräftigen Knospe abschneidet und diese, um den Saft anzuziehen, so lange stehen läßt, bis die Veredlung angenommen und das Edelreis austreibt. Dann aber muß der betreffende Zweig oder das inzwischen ausgetriebene Auge des Wildlings weggeschnitten werden, damit es dem Edelreis den Saft nicht entzieht. Bei den Veredlungen in die Seite müssen kräftige Augen oder Zweige immer oberhalb des eingesetzten Auges oder Zweiges aus dem gleichen Grunde stehen bleiben.

Das Wegschneiden der oberhalb, unterhalb und neben der Veredlungsstelle befindlichen Zweige des Wildlings muß außerdem sorgfältig nach der Entwickelung des Edelreises regulirt werden. In keinem Fall soll dieß geschehen, bevor letzteres ein kräftiges Wachsthum zu zeigen beginnt, und da wo verhältnißmäßig starke Wildlinge oder gar ältere Bäume zur Veredelung benutzt werden, thut man sehr wohl, die wilden Aeste nicht auf einmal, sondern nach und nach wegzuschneiden. Versäumt man diese Vorsichtsmaßregeln, so wird das im Verhältniß zu den auffaugenden Organen mit anfänglich nur wenig verarbeitenden Organen versehene Edelreis oft nicht im Stande sein, die ganze Masse des ihm zuströmenden Nahrungssaftes zu verarbeiten und in Folge des Mißverhältnisses zwischen Aufnahme und Verarbeitung, treten Krankheits-

Digitized by Google

erscheinungen oder gar der Tod des obersten veredelten Stammtheiles oder der ganzen Pflanze ein, eine Erscheinung, welche der Gärtner treffend durch „Ersticken im Safte“ bezeichnet. Um dieses zu vermeiden, schneidet man daher bei Veredlungen starker Pflanzen in die Seite, mit dem beginnenden Triebe anfänglich nur einen Theil der oberen Aeste weg, und kerbt die dem Edelreis gegenüber liegende Stammseite erst ein, um dem Edelreis allmälig immer mehr Saft zuzuleiten, bevor man alles Wilde wegschneidet. Besonders wichtig ist dieß bei allen aufs sogenannte schlafende (erst im kommenden Frühling austreibende) Auge oder den ruhenden Zweig vorgenommenen Veredlungen, sowie bei allen schwieriger anwachsenden Veredlungen mit immergrünen Zweigen im Vermehrungshause oder Beete. So bei allen Okulationen im August, ferner bei den Camellien ꝛc. Werden bei letzteren die Zweige über der Veredlung zu früh abgeschnitten, so kommt es oft vor, daß schon anscheinend vernarbte Veredlungen wieder abgestoßen werden.

Eine andere Vorsicht nach erfolgtem Anwachsen muß auf das Lösen des Verbandes gerichtet sein. Während die Veredlungsstelle bald nach erfolgtem Anwachsen sich durch Anlagerung neuer Holzschichten in die Breite ausdehnt, thut dieß jeder mittelst Bast oder selbst starken Wollfaden gefertigte Verband nicht in gleichem Maßstabe und legt somit dem ferneren Wachsthum und der Saftzirkulation ein mechanisches Hinderniß in den Weg, welches, wenn es nicht zeitig beseitigt wird, ebenfalls das Absterben, oder wegen tiefen Einschneidens des Verbandes, das Abbrechen an der Veredlungsstelle bedingt. Wo man die Veredlung noch ferner zu schützen wünscht, löst man nach erfolgtem Anwachsen den Verband und legt noch einmal einen anderen lockerer, jedoch ohne ihn mit Harz zu umgeben, um. Beim Lösen solcher Verbande, die schon ein wenig zu lange blieben, da kann man sich am besten überzeugen, wie dadurch die Holzablagerung verhindert wird, indem allenthalben zwischen den Windungen des Bindematerials, wulstförmige Callusbildung hervortritt. Okulationen schlagen besonders gern durch derartiges Versehen fehl. Nur ein Verband mittelst mit Baumwachs bestrichenen Papier- oder Baumwollenstreifen braucht nicht gelöst zu werden.

Eine veredelte Pflanze muß endlich während ihrer ganzen Lebensdauer unter der steten Aufsicht des Besitzers bleiben, indem jährlich alle unterhalb der Veredlungsstelle aus dem Wildstamm ausbrechenden Triebe sorgfältig weggenommen werden müssen. Ueberall wo diese aus dem Stamme selbst ausbrechen, da bemerkt dieß auch der Privatmann zeitig genug und kann dem Uebelstande abhelfen. Gefährlicher aber ist das Austreiben von wilden Wurzeltrieben aus dicht über der Wurzel veredelten Pflanzen. Diese ziehen überhaupt schon die aufgenommene Nahrung in viel höherem Grade an sich und bewirken dadurch das frühe Absterben der Veredlung. Es gehört aber auch ferner schon ein geübter Blick dazu, um es zeitig zu erkennen, daß hier gefährliche wilde Triebe entfernt werden müssen. Auf diese Weise gehen namentlich in Privatgärten sehr häufig die niederstämmig veredelten Rosen zurück. Bei den

Digitized by Google

ebenfalls zur Bildung von Wurzeltrieben sehr geneigten Pflaumen und anderen, wählt man daher zur Veredlung lieber Samenpflanzen als Wurzelausläufer, weil diese jene Eigenschaft in geringerem Grade besitzen.

B. Die verschiedenen Methoden der Veredlung.

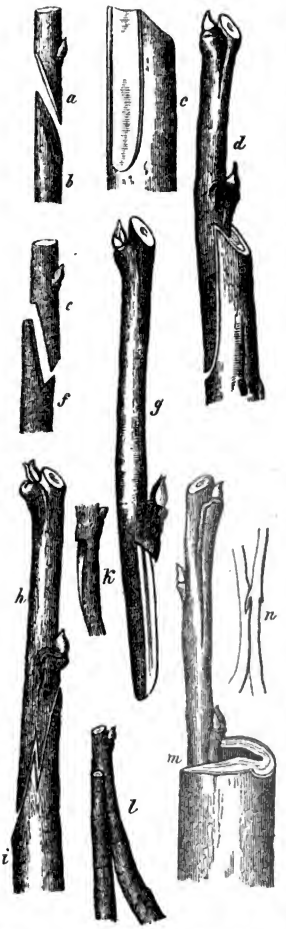
Die Methoden der Veredlung sind sehr zahlreich, alle aber stützen sich auf das, was im allgemeinen Theile gesagt wurde. Im Allgemeinen kann man annehmen, daß je einfacher die Methode und je akkurater die durch solche bedingte Vereinigung, je sicherer das Resultat. Wir wollen daher hier auch nur der wichtigsten und einfachsten Methoden der Veredlung gedenken, mittelst deren alles, was erreichbar, ausgeführt werden kann. Die komplizirten, mehr auf Spielereien beruhenden Methoden können wir dagegen nicht berücksichtigen. Zu den Kopulationen und Pfropfmethoden verwendet man junge kräftige Triebe des letzten Jahres als Edelreiser, welche auf zwei Augen geschnitten werden. Gute Bewurzelung und kräftiges Wachsthum der Wildlinge trägt bei allen Veredlungen viel zum Gelingen der Operation bei.

1. Das Absäugen oder Ablaktiren.

Es ist dieses eine Methode, die jetzt nur noch sehr wenig angewendet wird, seitdem die Veredlung der immergrünen Pflanzen, für welche man sie früher vielfach anwendete, ebenso sicher in abgeschlossenen feuchten Räumen mittelst des Anlegens ꝛc. bezweckt wird. Dasselbe besteht darin, daß man den Wildling und die zu veredelnde Pflanze neben einander stellt, darauf die zu vereinigenden Zweige beider, gleich stark seitlich fast bis zum Marke anschneidet, dann beide Zweige an der verwundeten Stelle so an einander legt, daß an einer Seite Rinde an Rinde genau paßt und zuletzt einen Verband anlegt. Nachdem die beiden Aeste verwachsen, wird der veredelte unmittelbar unter der Veredlungsstelle und der Ast des Wildlings oberhalb derselben von der Mutterpflanze getrennt. Will man die Vereinigung noch fester und solider machen, so macht man in den Wildling und Edelreis noch einen Schnitt, um beide auf einander zu haken, wie dieß Fig. 71 n zeigt. Die Methoden der Vereinigung können jedoch auch hier sehr mannigfache Gestalt zeigen, wenn nur die Vereinigung beider Aeste möglichst vollkommen. Abweichend ist jenes Verfahren, wo der Ast des Wildlings oben abgestutzt und dann schief bis zum Marke zugeschnitten wird. In das Edelreis macht man dann einen Kerb nach oben und einen gleichlangen seitlichen Einschnitt. Fig. 71 l zeigt beide Aeste nach dieser Methode vereinigt, und Fig. 71 k das zugeschnittene Edelreis. Der Vortheil der verschiedenen Methoden des Ablaktirens besteht darin, daß das Edelreis bis nach erfolgtem Anwachsen noch von seiner Mutterpflanze ernährt wird. Der Nachtheil aber in der größeren Umständlichkeit, welche die Ausführung erschwert, da die beiden betreffenden Pflanzen genau in die Stellung zu einander gebracht werden müssen, daß die zu veredelnden Aeste gerade in die geeignete Stellung zum Wildling kommen. Früher veredelte man die schwieriger wach-

Digitized by Google

Fig. 71.



senden hartlaubigen immergrünen Pflanzen, wie Camellien, Rhododendron, Akazien ꝛc., nur auf diese Weise, jetzt aber wird das Ablaktiren von Gärtnern nur noch selten angewendet, wie z. B. zur Veredlung der Magnolien. Dilletanten gibt dieser Methode aber ein sicheres Hülfsmittel an die Hand, schwieriger wachsende Veredlungen ohne eine eigne Lokalität dazu zu besitzen, vornehmen zu können. Außerdem benutzt man das Ablaktiren auch wohl zu Kunststücken und Spielereien. So um die Aeste besonders künstlich gezogener Obstspaliere und korbförmiger Pyramiden unter einander zu vereinigen, oder um einem alten Obstbaum durch nebengepflanzte und später diesem ablaktirte Wildlinge, Nahrung zuzuführen ꝛc.

2. Das Kopuliren und Anplatten.

Für schwächere Wildlinge, die wenig stärker als das Edelreis, ist das Kopuliren die zweckmäßigste Art der Veredlung in Baumschulen. Der Wildling wird oben durch einen schiefen gestreckten glatten Schnitt abgestutzt. Das Edelreis schneidet man mittelst eines gleich langen von der dem untersten Auge entgegengesetzten Seite schief abwärts gerichteten Schnitt ab, wie dieß Fig. 71 a, b zeigt. Es werden nun beide Theile auf einer Seite genau an einander gepaßt und dann der Verband angelegt. Sicherer noch wachsen derartig veredelte Pflanzen, wenn man in der Schnittfläche des Wildlings etwas oberhalb der Mitte, und in der des Edelreises etwas unterhalb der Mitte der Quere nach einen senkrechten Einschnitt macht und dann beide Theile in einander schiebt, wie dieß Fig. 71 h und i zeigt. Man nennt dieß Kopulation mit dem Rebfußschnitt und bietet diese Methode den Vortheil, daß die Befestigung vor dem Anlegen des Verbandes sicherer und akkurater wird. Durchaus ähnliche Vortheile bietet eine andere Methode mit doppeltem Absatz, von der Fig. 71 e eine Darstellung gibt.

Digitized by Google

Da wo der Wildling drei- bis viermal stärker als das Edelreis, wendet man das Anplatten oder Sattelschäften an. Durch einen kurzen schiefen Schnitt stutzt man den Wildling ab, der jedoch nicht mehr als fingerstark sein darf. Hierauf kerbt man das Edelreis unterhalb des untersten Auges schief aufwärts bis zur Mitte ein, schneidet dann erst so viel Holz aus, um Platz für das Messer zu gewinnen, und richtet dann von dem Kerb aus einen glatten Schnitt schief abwärts. Fig. 71 g zeigt ein derartig präparirtes Edelreis. Man legt dieses nun an den Wildling an und schneidet von demselben gegen die höchste Spitze desselben aufwärts genau so viel von Rinde und Holz weg, daß das Edelreis daran paßt, wie dieß Fig. 71 c zeigt, und dann werden beide Theile vereinigt, wovon Fig. 71 d die Darstellung gibt. Auf diese Weise wachsen auch unsere harten Zapfenbäume im Frühling im freien Lande kopulirt. Diesen läßt man jedoch alle unteren Aeste bis nach erfolgtem Anwachsen. Durch Veredlungen in den Spalt gerathen sie nicht.

3. Das Pfropfen in den Spalt.

Wenn die Wildlinge stärker als fingerdick, so wendet man das Pfropfen in den halben Spalt an. Man kann dasselbe jedoch auch anstatt des Sattelschäftens ziemlich allgemein ausführen. Das Edelreis wird keilförmig dreiseitig zugeschnitten, indem man das Messer zu beiden Seiten unterhalb des untersten Auges einsetzt, die dem Auge gegenüber liegende Seite oben unverfehrt läßt und nach unten schlank keilförmig zuspitzt, die dem Auge zugekehrte Seite aber messerförmig zuschneidet, wie dieß Fig. 72 a zeigt. Ist das Edelreis stark, kann man auch unterhalb des Auges einen keilförmigen Absatz stehen lassen, damit der Wildling nicht zu weit aus einander getrieben wird, wovon Fig. 72 b die Darstellung gibt. Hierauf stutzt man den Wildling oben gerade ab und die Spitze des Messers in das Mark desselben einsetzend, spaltet man ihn an seiner glattesten Seite so weit auf, als es nothwendig ist, um das keilförmige Ende des Edelreises einzuschieben, welches am besten in der Weise geht, wenn man das Messer unten im Spalt stecken läßt und mit Hülfe desselben den Spalt so weit als nothwendig aus einander hält. Beim Einbringen des Edelreises, welches Fig. 71 m zeigt, hat man darauf zu sehen, daß Rinde auf Rinde

Fig. 72.

Digitized by Google

genau paßt. Das Pfropfen in den halben Spalt kann sehr allgemein in Baumschulen angewendet werden, sowie bei den feineren Veredlungen im Gewächshause, namentlich aber auch für Veredlungen auf Wurzeln, so bei den Päonien, Passifloren und vielen anderen. Der Vortheil dieser Methode ist, daß das Reis so fest sitzt, daß man selten nothwendig hat, einen Verband anzulegen, sondern daß es genügt, die Veredlungsstelle mit Wachs zu umgeben.

Wo der Wildling noch dicker, oder wo alte Bäume umgepfropft werden, wendet man das Pfropfen in den ganzen Spalt an, welches sich nur dadurch unterscheidet, daß der Wildling durch einen senkrechten Schnitt durch das Mark auf beiden Seiten aufgespalten und auf jeder Seite ein Reis eingesetzt wird. Letzteres ist nur deßhalb nothwendig, damit die große Wunde schneller vernarbt und die große Menge des zuströmenden Saftes, früher verarbeitende Organe zur Genüge findet. Späterhin schneidet man wieder das eine beider Reiser weg.

4. Das Anlegen und Pfropfen in die Seite.

Die Vortheile, welche Veredlungen in die Seite kräftiger Wildlinge bieten, haben wir theils schon erwähnt, theils aber bestehen sie darin, daß der Wildling im Falle des nicht Annehmens weniger geschädigt wird. Bei den schwieriger wachsenden hartholzigen Gewächshauspflanzen, da wendet man jetzt am allgemeinsten das von Belgien ausgehende Anlegen an. In den Wildling macht man zu diesem Zwecke einen die Rinde und das junge Holz durchsetzenden Kerb, dessen Tiefe sich nach dem Edelreis richtet und schneidet dann seitlich den über dem Kerb liegenden Stammtheil mit einem glatten leichten Schnitt an, wie dieß Fig. 72 c zeigt. Das Edelreis wird nun auf gleiche Länge zugeschnitten und unten läßt man demselben so viel Dicke als der Kerb am Wildling tief. (Vergl. Fig. 72 d.) Nun legt man das Edelreis so an, daß es wenigstens auf einer Seite genau Rinde auf Rinde paßt. Bei einiger Uebung wird man es aber bald dahin bringen, daß dieß auf beiden Seiten der Fall ist. Mit einem dicken Wollfaden wird dann die Vereinigung beider bewerkstelligt, welches Fig. 72 e darstellt. Es ist dieses die bei allen harten immergrünen Kalthauspflanzen geeigneteste Art der Veredlung, so bei Akazien, Camellien, Rhododendron, bei der Mehrzahl der feineren Nadelhölzer, den Pimelea-, Daphne-, Ilex-Arten ꝛc. Nur muß, bevor der Wildling über dem Edelreis weggeschnitten wird, stets die Vorsicht gebraucht werden, denselben eine geraume Zeit vorher auf der dem Edelreis gegenüber liegenden Stelle zuvor stark einzukerben.

Die Orangen, die raschwüchsigen Tannen des freien Landes wachsen jedoch besser mittelst Pfropfens in den halben Spalt und Anplatten.

Dem Anlegen verwandt ist das Pfropfen in die Seite, welches mehr in Baumschulen angewendet wird, und vor dem Kopuliren und Pfropfen hier noch den Vorzug hat, daß man mittelst desselben mit reifem Holze auch im August veredeln kann. Man macht zunächst an einer glatten Stelle des Wildlings einen sehr schrägen Einschnitt, der noch dadurch erweitert wird, daß man, ungefähr einen halben Zoll höher

Digitized by Google

Fig. 73.

anfangend, Holz und Rinde bis zum ersten Einschnitt ausschneidet, wie dieß auf Fig. 73 bei a dargestellt ist. Hierauf wird das Edelreis auf beiden Seiten schräg keilförmig zugeschnitten, doch so, daß die vordere Schnittwunde kürzer, die hintere länger, dem Einschnitte am Wildling entsprechend ist, wie dieß Fig. 73 c zeigt. Man schiebt nun das Reis fest und genau ein und macht darauf seinen Verband. Fig. 73 b zeigt die Vereinigung. Es gehört diese Veredlungsart zu einer der leichtesten und sichersten Manipulationen, und es können der Sicherheit halber immer zwei Reiser eingesetzt werden. Nach der Veredlung wird der Wildling drei bis vier Zoll über dem obersten Reise weggeschnitten und erst im folgenden Jahre schneidet man den Stumpen glatt ab.

5. Das Pfropfen in die Rinde.

Unter dem untersten Auge des Edelreises macht man einen horizontalen Kerb bis zum Mark und schneidet von da an das Edelreis glatt schief ab, wie dieß Fig. 73 d darstellt. Am oben gerade abgestutzten Wildling macht man nun auf den beiden entgegengesetzten Seiten Längsschnitte durch die Rinde, löst diese mittelst des Falzbeines des Okulirmessers und schiebt die Reiser ein, wie wir dieß auf Fig. 73 e bemerken. Mittelst eines eigenen keilförmigen Holzes gelingt es, wohl auch die Rinde zu lösen, ohne solche aufzuschlitzen, was dann noch besser ist. Im letzteren Falle schält man auch noch die oberste Rinde des Edelreises auf seiner Rückseite ab, im ersteren Falle dagegen nimmt man diese nur so weit ab, als sie von der gelösten Rinde des Wildlings bedeckt wird. Früher ward das Veredeln in die Rinde sehr viel angewendet, jetzt aber kommt man davon immer mehr zurück, weil es sich einmal nur dann anwenden läßt, wenn der Wildling vollkommen im Saft und weil ferner die Edelreiser, auch nachdem die Veredlung angenommen, sehr leicht durch Vögel und andere Zufälligkeiten abgebrochen werden.

6. Das Aeugeln, Okuliren oder Pfropfen mit beholztem Schild.

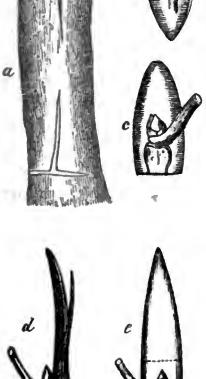
Das Okuliren oder Aeugeln ist und bleibt eine der vorzüglichsten Arten der Veredlung. Sie wird bei unseren ausdauernden Bäumen und Sträuchern vom Juni bis zum August ausgeführt, fällt also auf eine Zeit, wo die Masse der Frühlingsarbeiten schon vorbei ist. In

Digitized by Google

Baumschulen von milder Lage können alle Obstarten durchs Okuliren aufs schlafende Auge (d. h. aufs ruhende, erst im Frühling austreibende Auge) vom Juli an veredelt werden, ja manche Obstsorten, wie die Pfirsich, Aprikosen, Nüsse gerathen nur auf diese Weise. Das Letztere ist auch der Fall mit vielen unserer Zierbäume und Ziersträucher, so z. B. ist das Okuliren aufs schlafende Auge für die Acer-, Syringa-, Aesculus-Arten und manche andern die zweckmäßigste Methode der Veredlung. Am allgemeinsten wendet man dasselbe aber bei unseren Rosen auf das treibende (im Juni) und schlafende Auge (Mitte Juli bis Ende August) an. Auf andere Art veredelt wachsen dieselben nur im Winter angetrieben im Vermehrungshause und für die so schwierig aus Stecklingen wachsenden einmal blühenden und remontirenden Rosen, sowie zur Erstellung der beliebten hochstämmigen Rosen ist das Okuliren immer noch die vorherrschende und fast einzige Veredlungsart.

Zum Okuliren ist es vor allem nothwendig, daß Wildling und Edelreis vollständig im Safte sei, denn überall, wo sich die Rinde nicht durchaus glatt, vollständig und leicht ablöst, gelingt diese Operation sicher nicht. Am wichtigsten ist dieß in Bezug auf den Wildling, weßhalb man nur kräftig wachsende, schon längere Zeit am gleichen Orte stehende Pflanzen dazu benutzen kann. Aus dem gleichen Grunde gelingen auch alle Okulationen in das saftreichere ein- bis dreijährige Holz besser als in älteres.

Fig. 74.



Die Ausführung des Okulirens findet ungefähr in der folgenden Weise statt. Zunächst macht man an einer glatten Stelle des Wildlings einen Querschnitt bis auf das junge Holz und vom Mittel desselben einen Längsschnitt auf- oder abwärts, und löst dann die Rinde mit dem Falzbein, wie dieß Fig. 74 a zeigt. Nun wählt man ein kräftiges Auge vom Edelreis, schneidet das Blatt desselben so weit weg, daß nur noch ein kurzer Theil des Blattstieles stehen bleibt, der dazu dient, um das Auge beim Lösen und Einschieben zu fassen und umschneidet es nun, je nach dem Einschnitt am Wildling, nach der Form, wie solche Fig. 74 b oder c darstellt. Das gerade abgestutzte Ende der Rinde kommt dabei auf den Querschnitt in der Rinde des Wildlings beim Einschieben zu stehen. Mit dem Falzbein löst man nun die Rinde ringsum, faßt das Auge am Blattstiel und versucht es vom Holze abzusprengen. Ist beim Lösen der Knospenkern im Auge geblieben und erscheint dasselbe innen gefüllt, so ist es zum Veredeln tauglich; ist dagegen das Auge innen hohl und der Knospenkern am Holze sitzen geblieben, so

Digitized by Google

besitzt es nicht die Fähigkeit auszutreiben und muß als untauglich entfernt werden. Da bei Arten mit stark hervorstehenden Augen dieser Fall häufig eintritt, so bedient man sich zur Vermeidung dieses Uebelstandes sehr verschiedener Verfahren.

Das erste und leichteste derselben besteht darin, daß man das Auge nur mit kleinem Schilde und so wenig Holz als möglich ausschneidet und sammt dem Holz einschiebt. Man nennt dieses Verfahren Okuliren mit beholztem Schild. Es ist klar, daß sich ein derartiges Auge nie so innig dem Holz des Wildlings anlegen kann, die Verwachsung findet daher langsamer und oft nur unvollkommen statt, weßhalb man dieses Verfahren nur da anwendet, wo das Edelreis wegen sehr stark vorstehender Augen gute Lösung selten erlaubt. Am leichtesten gelingt das vollständige Lösen in der Mehrzahl der Fälle bei dem folgenden sehr einfachen Verfahren. Man schneidet das Auge, ohne es vorher zu umschneiden, in der Form aus, wie solche Fig 74 e darstellt. Darauf löst man an der Spitze das innen sitzende Holz von der Rinde, wie dieß Fig. 74 d darstellt, und kann nun sehr leicht das Holz vorsichtig ausbrechen. Da wo die Querlinie an Fig. 74 e punktirt ist, wird dann das gelöste Auge gerade abgestutzt, um dann am Wildling von oben nach unten eingeschoben zu werden. Wichtig ist es, daß der längere, später abzustutzende Theil des ausgeschnittenen Auges oberhalb desselben liegt, weil jedes Auge beim Abreißen von oben nach unten sich durchschnittlich besser und vollkommner löst, d. h. daß ihm der Knospenkern und die Gefäßbündel des Blattes vollständiger erhalten bleiben, als wenn man von unten nach oben trennt, weil auch die Gefäßbündel des Knospenkerns und Blattes so an der Stelle zuerst vom jungen Holz getrennt werden, wo sie in erstere übertreten. Wo aber auch bei diesem Verfahren das Auge sich nicht gut löst, da kann man mit einer schief abgeschnittenen Federspule leicht nachhelfen, indem man, nachdem oben gelöst, mit dieser zwischen Holz und Rinde hinfährt. Es sind dieß Manipulationen, die sicher zum Ziele führen und leicht zu erlernen sind.

Nachdem nun das Auge eingeschoben und mit der abgestutzten Seite dem Querschnitt des Wildlings fest aufgesetzt ist, wird der Verband nur mit einem Baſtfaden, aber fest und in der Weise angelegt, daß das Auge selbst nicht bedeckt wird. Bei Okulationen aufs treibende Auge löst man denselben beim Ausbrechen des Auges und schneidet mit der weitern Entwickelung des letzteren alles Wilde fort. Beim Okuliren aufs schlafende Auge wird je nach dem Grade des Einschnürens der Verband im Spätherbst, Winter oder Frühling durch einen loseren ersetzt, bevor er ganz abgenommen wird. Das Abfallen des Blattstiels nach ungefähr vierzehn Tagen ist ein sicheres Zeichen der Annahme der Okulation.

7. Anwendung der verschiedenen Veredlungsarten je nach Zeit und andern Verhältnissen.

Der Gärtner, bei dem sich zu gewissen Jahreszeiten die Arbeiten dermaßen häufen, daß es unmöglich erscheint, alle rechtzeitig abzumachen,

Digitized by Google

muß stets darnach trachten, diese Arbeiten auf möglichst zweckmäßige Art und Weise zu vertheilen. In Bezug auf Veredlungen ist dieß in größeren Baumschulen und Gärten in besonders hohem Grade der Fall, weßhalb man darnach trachten muß, zu allen Jahreszeiten zu veredeln. Man kann daher zwischen Winter-, Frühlings-, Sommer- und Herbstveredlungen unterscheiden.

Im Winter werden im Vermehrungshause die Veredlungen der immergrünen Pflanzen mittelst Anlegen oder Pfropfen in den halben Spalt vorgenommen. Rosen können auch in jedem gewöhnlichen Warmhause angetrieben und in den halben Spalt veredelt werden. Die Edelreiser zu letzteren schneidet man schon im Herbst und schlägt sie in einem frostfreien Kasten bis zum Gebrauche ein. Außerdem kann man auch Aepfel und Kirschen im Winter im Zimmer niederstämmig kopuliren. Zu diesem Zwecke nimmt man die Wildlinge im Herbste aus, schlägt sie ein und schützt sie durch Deckung von Laub und Tannenreis vor dem Frost, um jederzeit dieselben ausnehmen zu können. Nach dem Veredeln werden sie in frostfreien Kellern, Gewölben oder Kästen eingeschlagen, bis man sie im Frühling in die Baumschule versetzen kann. Andere Obstsorten nehmen bei dieser Art der Veredlung weniger gut an, eben so gelingen hochstämmige Veredlungen auf diese Weise selten.

Im Frühling mit dem Eintritt des Saftes, da ist es Zeit, alle hochstämmigen Veredlungen an gut angewurzelten Wildlingen, sowie auch die niederstämmigen der Birnen, Pflaumen, Zwetschen und der zahlreichen Zierbäume und Ziersträucher mittelst Pfropfens und Kopulirens vorzunehmen. Man beginnt mit den zuerst in den Saft tretenden und endet mit den zuletzt ausbrechenden, wie mit den Robinien.

Mai, Juni und Anfang Juli ist die Zeit zur Okulation aufs treibende Auge, einer Methode der Veredlung, die bis jetzt fast ausschließlich bei den Rosen angewendet wird, die aber auch behufs schneller Vermehrung in Baumschulen überhaupt vielfach angewendet zu werden verdient. Ende Juli und August okulirt man aufs schlafende Auge oder veredelt auch mittelst Pfropfens in die Seite. Der Herbst ist im Allgemeinen die beste Zeit zur Wurzelveredlung mittelst Kopulation oder Pfropfens in den halben Spalt. Die baumartigen Päonien auf Wurzeln der krautigen Päonien, die Clematis-Arten (C. azurea, florida ꝛc.) auf Wurzeln der C. Viticella, die Tecoma radicans auf ihre eigene Wurzel veredelt und viele andern gedeihen vortrefflich, wenn sie nach dem Veredeln eingepflanzt und in einem kalten abgeschlossenen frostfreien Kasten durchwintert werden. Die Päonien können sogar sogleich ins freie Land gepflanzt und nur mit Blumentöpfen bedeckt werden. Diese Wurzelveredlungen sind häufig das sicherste Mittel, um Pflanzen, für welche die Wildlinge fehlen, sicher fortzupflanzen. So gelingen z. B. auch die Veredlungen der Araucarien auf stärkere Wurzeln der A. brasiliensis, die der immergrünen Aralien auf Wurzeln der A. spinosa, die der Passifloren auf die Wurzeln der verschiedensten Arten der gleichen Gattung im Vermehrungshause oder halbwarmen Kasten, und es ist dieses Verfahren gewiß noch bedeutender Vervollkommnungen fähig. Man benutzt dazu

Digitized by Google

hinreichend starke, mit einigen Faserwurzeln versehene Wurzelstöcke, pfropft in den halben Spalt und pflanzt bis über die mit Wachs umgebene Veredlungsstelle ein. Derartige Wurzelveredlungen können fast das ganze Jahr hindurch vorgenommen werden, gerathen aber durchschnittlich im ersten Frühling und zur Zeit der Vegetationsperiode am besten.

C. Die Veredlungen in ihrer Beziehung zum Wildling und Einwirkung von Wildling und Edelreis auf einander.

Die wichtigste Frage, welche hier in Betracht kommt, betrifft einen Punkt, für welchen die Wissenschaft bis jetzt noch keine allgemeine gültige Erklärung gefunden hat: „**Welcher** Grad der Verwandtschaft nämlich nothwendig ist, um die Möglichkeit des Anwachsens der einen Pflanze auf einer andern mittelst der Veredlung zu bedingen?“

In den frühesten Zeiten herrschte die Ansicht, daß die verschiedenartigsten Pflanzen auf der gleichen Pflanze gedeihen könnten. Das was der Schriftsteller über die landwirthschaftlichen Verhältnisse des alten Roms, Plinius der Aeltere, in dieser Beziehung sagt, haben wir schon Eingangs erwähnt. Aber auch auf unsere Zeiten gingen die lächerlichsten Ansichten in dieser Beziehung über, zu denen die Kunststücke einzelner Gärtner die Veranlaßung gaben. Namentlich mußte die Rose mit ihrem verhältnißmäßig hohem dünnem Stengel häufig dazu dienen, um einzelne zu mystifiziren. Man durchbohrte das Mark des Stammes des Orangenbaumes, der Weide oder der Eiche, zog hierdurch den dünnen Schoß einer Rose, der später, dicker werdend, das Bohrloch so vollkommen ausfüllte, so daß derartige Pflanzen öfters als gelungene Veredlungen gezeigt wurden, und immer von Neuem wieder irrige Ansichten verbreiteten.

Später als sich die Ansichten mehr abklärten, da sah man ein, daß ein gewisser Grad der Verwandtschaft zum Gelingen der Veredlung nothwendig sei. Man glaubte daher diesen Punkt am besten in der Weise zu beseitigen, wenn man annahm, es könnten alle Pflanzenarten der gleichen natürlichen Gattung aufeinander veredelt werden.

Auch diese Ansicht widerlegten die Erfahrungen der Praxis sehr bald. So z. B. wächst die Birne auf dem so nah verwandten, zur gleichen Gattung gehörigen Apfelbaum veredelt, nur unvollkommen an und stirbt, wenn die Veredlung annahm, gemeiniglich bald wieder ab. Dagegen wächst sie recht gut auf dem Quitten, Felsenmispel (Amelanchier), Mispel, Ebereschen und Weißdorn-Stamm, welche sämmtlich andern Gattungen angehören. Die Kirsche gedeiht nicht auf der nah verwandten Pflaume, während sie auf anderen Arten, wie z. B. der Mahaleb-Kirsche, gut fortkommt. Auf den Weißdorn (Cratægus Oxyacantha) da können die meisten Arten der Gattung Pyrus, Mespilus und der anderen Gattungen der Pomaceen mit Glück veredelt werden, der Weißdorn aber, auf jene veredelt, wächst nur in seltenen Fällen an. Die Erfahrung hat ferner gelehrt, daß der Chionanthus auf den Fraxinus-Arten, Syringa auf Fraxinus und Phyllirea, die Olive auf Fraxinus, die ächte Kastanie

Digitized by Google

auf der Eiche, die Olive auf der Rainweide (Ligustrum vulgare) fortkommt, und ähnlicher Beispiele gibt es noch viele, welche alle darthun, daß es zwar unter sich verwandte Pflanzen sind, die auf einander veredelt auch gedeihen, daß es aber nichts weniger als eine durchgreifende Regel ist, daß dieß nur bei den zur gleichen Gattung, oder bei allen zur gleichen Gattung gehörenden Arten der Fall ist.

Man hat diese Anomalien nun dadurch zu erklären versucht, daß unter verwandten Pflanzen nur solche auf einander gedeihen, welche gleiche Entwickelungsperioden haben. Aber auch diese Annahme hat die Praxis vielfach widerlegt. Ja es geht dieß so weit, daß sogar Pflanzenarten mit immergrünem Laube auf solchen mit abfallendem Laube gedeihen. So z. B. wachsen die immergrünen Mahonia- und Berberis-Arten recht gut auf unserer gemeinen Berberis, ja selbst auf Wurzeln derselben. Die japanische Ceder (Cryptomeria japonica) wächst auf dem Taxodium distichum mit abfallendem Laube, die japanische Mispel (Eriobotrya japonica) wächst auf unserm Weißdorn und unserer Mispel u. s. f. Die Familie der Coniferen, von der man noch vor einem Jahrzehnt irrthümlich glaubte, daß sich die Arten derselben mittelst der Veredlung nicht dauernd fortpflanzen ließen, zeigt am deutlichsten, daß Vegetation und Gattung hier gar keinen Einfluß ausüben. Auf der Thuja orientalis und occidentalis, auf Juniperus virginiana und Cupressus sempervirens und selbst auf Taxodium distichum gedeihen die verschiedensten Gattungen der Cupressineen u. s. f. Die Physiologen haben sich dadurch aus der Verlegenheit zu ziehen gesucht, daß sie eine gewisse Uebereinstimmung der Säftemasse der beiden auf einander zu veredelnden Pflanzen voraussetzen. Aber auch hier zeigt z. B. der Umstand, daß auf gewisse Pflanzen, wie auf den Weißdorn, die Quitte ꝛc. mit gutem Erfolg eine Menge verschiedenen Gattungen angehörende Pflanzen veredelt werden können, daß aber die umgekehrten Veredlungen des Weißdorns ꝛc. auf jene nicht gelingen, ziemlich deutlich, daß hier noch andere, uns noch unbekannte Gesetze mitwirken. Dieß bestätigen ferner auch alle jene Erfahrungen, welche sich auf die im Folgenden besprochene zweite Frage beziehen.

Fassen wir daher alles, was wir in dieser Beziehung bis jetzt mit Sicherheit wissen, zusammen, so lautet dieses: Veredlungen zwischen zwei verschiedenen Pflanzen gelingen:

a. Wenn die Veredlung auf ein Individuum, eine Wurzel oder eine Abart der gleichen Art vorgenommen wird, bei der Mehrzahl der Dicotyledonen und den Gramineen. Ob dieselbe bei den blüthetragenden Pflanzen unter geeigneten Umständen überhaupt stets möglich, darüber fehlen noch die Erfahrungen.*

* Es ist bekannt, daß auch krautartige und selbst einjährige Pflanzen sich veredeln lassen, so wird bei den Cacteen das Veredeln weicher saftiger Pflanzentheile am häufigsten angewendet. Ob es aber nicht eine Zahl von Pflanzen gibt, die sich überhaupt nicht veredeln lassen, darüber fehlen noch die Erfahrungen. So sind mir z. B. noch keine gelungenen Veredelungen von Ericen bekannt.

Digitized by Google

b. Außerdem gelingen auch die Veredlungen unter einander verwandter Pflanzen, gleichviel ob sie der gleichen Gattung oder verwandten Gattungen, oder selbst nah verwandten Familien angehören. Die Gesetze, welche dieß bedingen, sind noch durchaus unbekannt, und kann bis jetzt hier nur die Erfahrung als Richtschnur dienen.

c. Die gleiche Art kann oft sehr verschiedenartigen Pflanzen zur Unterlage dienen, während die umgekehrten Veredlungen nicht gelingen.

d. Veredlungen von Pflanzen aus unter einander nicht nahe verwandten Familien gelingen nie, sondern beruhen stets auf Mystifikationen.

Die zweite Frage, welche wir endlich noch in Bezug auf Veredlungen zu beantworten haben, bezieht sich auf den Einfluß, den die Veredlung selbst auf die betreffenden Pflanzen übt, sowie ferner auf Rückwirkung von Unterlage und Edelreis auf einander.

Das Edelreis verbindet sich mit dem Wildling anfangs durch parenchymatisches Zellgewebe, das die Holzbündel unterbricht, und mithin der Saftzirkulation ein Hinderniß in den Weg legt. Aber auch die folgenden, Edelreis und Wildling gemeinsam überkleidenden Holzschichten lagern sich stets in der Weise an, daß das Holz beider getrennt bleibt, und wenn gleich dann Holz auf Holz sitzt, doch die gestreckten Zellen und Spiralgefäße hier absetzen. Die Bildung des jungen Holzkörpers geht immer aus der Vermehrung durch Theilung der jüngsten zwischen Holz und Rinde lagernden Zellschichten hervor, folglich muß auch bis in das späteste Alter das vom Wildling gebildete Holz und Zellgewebe von dem des Edelreises verschieden bleiben, und das eine kann sich nur an das andere anlagern, nie aber in einander übergehen. Am leichtesten läßt sich dieses Verhältniß erkennen, wenn z. B. der weißholzige Pfirsichbaum auf den rothholzigen Pflaumenbaum veredelt wird.

Daher kommt es, daß die Veredlungsstelle der Saftzirkulation auch in spätern Jahren immer noch ein Hemmniß in den Weg legt und dadurch gleichsam, dem Zauberring ähnlich, auf früheres Ansetzen von Blumen und vollkommenere Ausbildung der Frucht hinwirkt. Es ist dieß eine Eigenschaft der Veredlung, welche bei unsern Obstsorten allgemein anerkannt wird. So schneidet man von Sämlingen, welche sich durch ihr Aussehen auszeichnen, einzelne Zweige, veredelt diese auf andere und in wenigen Jahren erhält man Frucht, während die Mutterpflanze oft noch lange nicht trägt. Beim Weinstock hat ein ähnliches Verfahren das gleiche Resultat. Die vollkommenere Ausbildung der Frucht bei veredelten Pflanzen dürfte jedoch wohl mehr nur eine Folge des früheren Ansetzens von Früchten sein, da junge Pflanzen immer die vollkommensten Früchte tragen, und auch an veredelten Bäumen durch das Alter derselben die Früchte kleiner werden. Auch bei unseren Zierpflanzen wird die Veredlung zuweilen nur aus diesem Grunde angewendet, wie z. B. bei manchen sonst undankbar blühenden Varietäten der Azalea indica, welche hochstämmig veredelt eine Menge ihrer schönen Blumen ansetzen. Die gelbe Rose (R. lutea), welche wurzelächt so selten blüht, entwickelt veredelt ihre Blumen vollkommen und dankbar.

Digitized by Google

reises auf den Wildling beobachtet. Derselbe sah nämlich die Eigenschaft des Gefleckteins der Blätter auch auf Aeste, die unterhalb der Veredlungsstelle ausbrachen, übergehen. Da das Edelreis es bei den veredelten Pflanzen lediglich ist, welches die aufgenommene rohe Nahrung verarbeitet, so ist es vom Standpunkte der Theorie erklärlich, daß mit der in die Zellen des Wildlings zurückkehrenden verarbeiteten Säftemasse, die als Bildungssaft alle Neubildungen bedingt, auch eine derartige Eigenschaft übergehen kann, die nicht in Veränderung der Form, sondern nur in der Veränderung der Farbe besteht.

Uebersehen wir alle diese Ergebnisse, so resultiren daraus für die Praxis die folgenden allgemein gültigen Regeln:

1. Man wähle zur Unterlage nur der gleichen Art angehörige Individuen oder solche anderer verwandter Arten, von denen die Erfahrung nachgewiesen, daß sie sich zur dauerhaften Veredlung einer bestimmten Pflanzenform oder Art eignen.

2. Da wo mehrere Pflanzenarten oder Formen der gleichen Pflanzenart sich zur Veredlung eignen, da nehme man diejenige, welche in dem Boden einer bestimmten Gegend sich als besonders geeignet erwiesen hat.

3. Wenn es darauf ankommt, wie bei unserem Zwergobst niedrige schwachwüchsige Bäume zu erziehen, wähle man schwachwüchsige Samenpflanzen der gleichen Art oder eine niedriger bleibende verwandte Art.

4. Zu hochstämmigen Veredlungen wähle man stets die kräftigsten Samenpflanzen oder kräftig wachsende verwandte Arten. Das Gleiche geschieht, wenn aus über dem Boden veredelten Pflanzen, hohe Bäume erzogen werden sollen.

Drittes Kapitel. Die geschlechtliche Fortpflanzung.

§ 40. Geschichtliche Entwickelung der Ansichten über das Geschlecht der Pflanzen.

Undeutliche Vorstellungen über das Geschlecht der Pflanzen, namentlich in Betreff der Pflanzen, bei denen das eine Individuum nur männliche, das andere nur weibliche trägt, finden wir schon in den ältesten Zeiten. So erzählt Herodot, daß die Babylonier schon männliche und weibliche Dattelpalmen unterschieden, indem sie aus der Wüste die männlichen Blüthestände holten, um sie zur Zeit der Blüthe an den weiblichen Dattelpalmen zu befestigen und diese hierdurch zum Ansetzen von Früchten zu veranlassen.

Daß die Vorstellung der Ursache dieser Erscheinung jedoch eine durchaus unklare war, geht daraus hervor, daß Herodot die damals ebenfalls schon übliche Manipulation zur Zeitigung der Früchte des Feigenbaumes, in die gleiche Kategorie stellt. In den Früchten des wilden Feigenbaumes lebt nämlich eine Gallwespe, welche die Früchte anbohrt und dadurch eine frühere Zeitigung, nicht aber Befruchtung herbeiführt. Man hing daher fruchttragende Aeste des wilden Feigenbaumes an dem kultivirten auf, damit die den ersteren bewohnenden Insekten auch die

Digitized by Google

Früchte des kultivirten anstechen sollten. Es ist dieses Verfahren auch auf unsere Zeiten übergegangen und wird in Italien auch wohl durch das künstliche Anstechen der Feigen mit einem Holze ersetzt. Noch heutzutage scheint von den Arabern die Befruchtung der Dattelpalme und die Zeitigung der Feige für identisch gehalten zu werden, da sie die männlichen Blumen der Dattel, die Fliegen des Palmbaumes nennen. Von den Schriftstellern Roms spricht Plinius unter anderm von der Befruchtung des Palmbaumes, und weist darauf hin, daß die Befruchtung durch das ausgestreute Pulver der männlichen Blumen bewerkstelligt werde. Auch römische Dichter erwähnen des Geschlechtes der Palmen.

Erst mit der Wiedergeburt der Wissenschaften tauchen am Schlusse des sechszehnten Jahrhunderts wieder ähnliche Ansichten über das Geschlecht der Pflanzen auf, und zwar waren es abermals zweihäusige Pflanzen, wie die Dattelpalme und Pistazie, an denen die ersten Beobachtungen gemacht wurden. Prosper Alpin bereiste damals Egypten und erwähnt der Befruchtung der Dattelpalme. Caesalpin erkannte schon 1533 das Geschlecht der zweihäusigen Pflanzen. Clusius unterschied von der Carica Papaya die männliche und weibliche Pflanze, und sagt, es seien diese beiden einander so befreundet, daß die letztere nicht ohne die erstere Frucht tragen könne. Die Ideen jedoch, welche er und seine Zeitgenossen über das Geschlecht der Pflanzen hatten, entbehrten noch aller Klarheit. Man nahm nur eine Befreundung an, eine Ansicht, die schon früher Conrad Geßner vertrat, der unter einander verwandte Pflanzenarten, als Männchen und Weibchen abbildete.

Zaluziansky erkannte zwar die Geschlechtstheile noch nicht, legte aber doch schon im Jahre 1604 den Pflanzen überhaupt ein doppeltes Geschlecht bei, und weist schon darauf hin, daß dieß bei manchen, wie bei den Palmen, auf verschiedenen, bei anderen aber auf den gleichen Individuen vorkomme.

Erst in der letzten Hälfte des siebenzehnten Jahrhunderts, mit der Einführung der Vergrößerungsgläser, wurden die Geschlechtstheile selbst erkannt. Ray widerlegte im Jahre 1694 Bauhin's (1694) Behauptung, daß die männlichen Blumen des Mais nur zur Zierde vorhanden seien; er zeigt, daß in deren Staubbeuteln, der die weiblichen Blumen befruchtende Staub (Pollen) entstehe, welchen er mit den Samenthierchen der Thiere vergleicht. Auch Millington, Bobart und Grew (1685) erklärten schon die Befruchtung durch Vermittelung des Blüthenstaubes.

Die erste klare Darstellung über das Geschlecht der Pflanzen gab Camerarius im Jahre 1694 (De sexu plantarum), indem er die Gründe für geschlechtliche Verschiedenheit zusammenstellte. Von jetzt an wurden diese Vorstellungen der Streitpunkt der Naturforscher. Samuel Moreland suchte schon 1703 darzuthun, daß der Blumenstaub von der Narbe durch einen Kanal des Griffels in den Fruchtknoten gelange und daselbst die Samen bilde. Sebastian Baillant gibt im Jahre

Digitized by Google

1718 eine klare Darstellung der Geschlechtsorgane der Pflanzen, eine Darstellung, die Blair, Anton Jussieu und Bradley bestätigten.

Linné, der Reformator der Naturwissenschaften, fand daher in dieser Beziehung schon ein gut bebautes Feld vor. Durch Aufstellung seines berühmten Sexualsystems wußte er jenen Forschungen eine allgemeine Geltung zu verschaffen. Sehr wahrscheinlich nur aus Oppositionssucht bekämpften aber noch Heister, Alston, Möller, Siegesbeck jene Lehre. Der berühmte Tournefort blieb sogar bis zu seinem Tode Gegner derselben. Er unterschied zwar Antheren und Stempel, erklärte aber erstere mit Malpighi für Reinigungsorgane, welche von der jungen Frucht alle schädlichen Theile ableiteten, um diese später in Form des Pollens als überflüssig auszustreuen. Auch Pontedera, den Linné den einzigen philosophischen Botaniker seiner Zeit nennt, war Gegner der Befruchtung, nur glaubte er, die Nahrungsstoffe der Anthere träten in die junge Frucht über und der überflüssige Rest werde als Pollen ausgestreut.

Koelreuter und Needham verdanken wir die ersten Untersuchungen über den Inhalt der Antheren; auch stellte der erstere durch Erziehung von Pflanzenbastarden die Geschlechtstheorie gleichzeitig außer allen Zweifel.

§ 41. Die Befruchtung oder Zeugung des Samens bei den Mono- und Dicotyledonen.

So hatte sich zu Ende des achtzehnten Jahrhunderts die Lehre vom Geschlechte ziemlich allgemeinen Eingang verschafft, man kannte die Bildung der Geschlechtstheile (vergl. S. 80 bis 83), über die Vorgänge bei der Befruchtung selbst wußte man aber noch nichts. Vereinzelt nur stand die Ansicht Moreland's dar, welcher das Pollenkorn bis in den Fruchtknoten und durch den Keimmund (S. 42) bis in das Ei gelangen ließ. Ihm ward schon damals bewiesen, daß dieß wegen der Größe des Pollenkornes in den meisten Fällen unmöglich sei. Baillant nahm nur einen flüchtigen Dunst an, der die Befruchtung vollführe, eine Ansicht, die selbst in unserem Jahrhundert C. H. Schulz (1828) wiederholte. Jussieu und Needham beobachteten zuerst das Aufspringen der Pollenkörner und nahmen an, daß diese durch die Narbenfeuchtigkeit angeregt zersprängen, und daß der aus ihnen hervortretende Inhalt (Fovilla) durch den Griffelkanal oder eigenthümliche Röhren zum Ei herabsteige und die Befruchtung vollführe. Gleichen endlich faßte die zu jener Zeit allgemein verbreitete Ansicht auf, daß die Samenthierchen im männlichen Samen der Thiere die ersten Keime der Thiere seien, und trug sie insofern auf die Pflanzen über, als er den körnigen Inhalt des Pollenkornes (Molekule), dessen lebhafte Bewegung schon Needham beobachtete, als analoge Bildungen deutete und sie Samenkeime nannte. Durch besondere Röhren sollten diese nach dem Platzen des Pollenkornes zum Ei gelangen und dessen Befruchtung bedingen.

Digitized by Google

Der um die Befruchtungstheorie sonst so verdiente Koelreuter erklärte die äußere harzig-ölige Umkleidung der Pollenkörner für die eigentliche Samenmaterie, welche aus dem Inhalt ausgeschwitzt werde. Selbst Link theilte in seinen früheren Schriften diese Ansicht mit der Modifikation, daß er annahm, die Samenmaterie steige von Zelle zu Zelle bis hinab zu den Samenknospen.

Traten auch Schellner und Henschel noch in unserm Jahrhundert für die Ansicht auf, daß eine Samenbildung auch ohne Befruchtung stattfinden könne, und findet diese Ansicht, die wir später noch besonders berücksichtigen werden, auch jetzt noch ihre Vertreter, so war es doch schon zu Anfang des neunzehnten Jahrhunderts allgemein anerkannt, daß die Entwickelung des Samens, durch die auf die Narbe fallenden Pollenkörner bedingt werden.

Eine Entdeckung Amici's oder richtiger schon Gleichens sollte endlich über die Befruchtung der blüthetragenden Pflanzen mehr Licht verbreiten. Amici beobachtete nämlich auf der Narbe von Portulaca oleracea ein Pollenkorn, dessen äußere Haut aufsprang und einen zarten dünnen Schlauch hervortreten ließ. Dieser letztere entsteht durch Wachsthum der innern Haut, wie dieß schon S. 82, Fig. 48 f gezeigt ward. Gleichen hatte schon im Jahre 1781 ein Pollenkorn mit Pollenschlauch auf der Narbe von Asclepias syriaca abgebildet, ohne jedoch die Wichtigkeit jener Entdeckung zu ahnen. Erst Brognart gab dieser Entdeckung die richtige Deutung, als er im Jahre 1826 seine berühmte Schrift über die Zeugung des Embryo der Pariser Akademie vorlegte. Er erkannte die Entstehung des Pollenschlauches durch Hervorwachsen der innern Haut, sah denselben schon tief in das Gewebe des Pistills eindringen und glaubte, daß er hier den befruchtenden Stoff in die Interzellulargänge des leitenden Zellgewebes vom Griffelkanal entleere, welche ihn dann bis zu den Samenknospen führen würden. Mit Gleichen deutete er den körnigen Inhalt des Pollenschlauches für den Samenthierchen der Thiere analoge Gebilde.

Die Entdeckung, daß der Pollenschlauch durch das leitende Zellgewebe bis hinab zur Samenknospe wachse, verdanken wir erst einer spätern Beobachtung Amici's. De Candolle, obgleich er diese letztere kannte, neigte sich in seiner Physiologie doch noch zur Ansicht Brognart's. R. Brown bestätigte im Jahre 1833 Amici's Beobachtung, wagte darauf aber noch keine allgemeine Theorie zu gründen.

Horkel war es, der zuerst es nachwies, daß der Pollenschlauch stets bis zur Samenknospe gelange und hierdurch die Befruchtung veranlasse. Im Jahre 1837 stellte Schleiden seine berühmte Theorie über die Befruchtung auf. Treviranus bestritt darauf im Jahre 1838 in seiner Physiologie den unbedingten Einfluß der Pollenschläuche auf die Befruchtung aufs Neue, und Meyen bekämpfte schon im Jahre 1839 die Theorie Schleidens.

Wir übergehen die Ansicht Hartig's, die im Jahre 1842 noch einmal Brognart's Theorie zum Theil wieder auftischte, und gehen damit

Digitized by Google

zu dem über, was wir in Beziehung auf die Befruchtung der Mono- und Dicotyledonen gegenwärtig wissen.

Amici, R. Brown, Brognart, Meyen, Schleiden, H. Mohl und in neuester Zeit Hofmeister, Tulasne und H. Schacht sind die Männer, denen wir die vollständigsten Beobachtungen über diese Vorgänge verdanken. Nach den übereinstimmenden Beobachtungen derselben schwillt das Pollenkorn, sobald es auf die Narbe gelangt, angeregt und ernährt von der Feuchtigkeit derselben an, die äußere Schaale des Pollenkornes wird zersprengt und die innere Membran dringt in Form eines Schlauches (Fig. 48 f) hervor. Dieser Letztere wächst nun durch das leitende Zellgewebe des Griffels bis hinab in die Höhle des Fruchtknotens zu den Samenknospen, dringt hier durch den Keimmund (Fig. 26 d, e, f bei g) bis zum zelligen Kern der Samenknospe und selbst in diesen ein. Diese Schlauchbildung des Pollenkornes erfolgt zwar zuweilen auch, wenn es nur mit Wasser in Berührung kommt; meist aber platzt es dann, ohne einen Schlauch zu bilden. Da bei manchen Pflanzen das Pollenkorn einen halben bis mehrere Zoll lange Schläuche bilden muß, bevor es von der Narbe aus bei der Samenknospe anlangt, so geht hieraus zur Genüge hervor, daß es von der Narbenfeuchtigkeit und dem umgebenden leitenden Zellgewebe des Griffels während dieser Vorgänge ernährt wird. Ueberaus merkwürdig ist es, daß der Pollenschlauch, der sich in der Höhlung des Fruchtknotens angekommen auf der Plazenta hinschlängelt, den so kleinen Keimmund des Eies auffindet. Zwar bilden durchschnittlich die Antheren viel mehr Pollenkörner, als zur Befruchtung nothwendig, allein von den auf die Narbe gelangenden Pollenkörnern verrichten durchschnittlich zwei Drittheile die Befruchtung. So soll nach Koelreuter Hibiscus Trionum 4800 Pollenkörner in einer Blüthe entwickeln, und eine geringe Zahl derselben genügen schon zur Befruchtung. Koelreuter gibt diese Zahl auf 50 bis 60 an, was jedoch jedenfalls zu gering geschätzt ist.

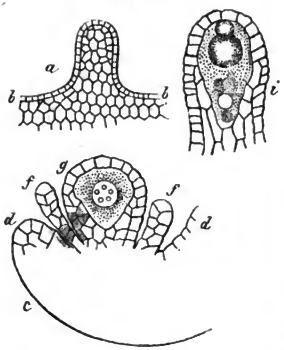
Bis hierher gehen die Ansichten aller einig; nun stehen sich aber die der frühern Beobachter, welche Hofmeister in neuester Zeit besonders ausgebaut hat, und die Schleidens direkt gegenüber. Bevor wir jedoch näher hierauf eintreten können, müssen wir zuvor noch einen Blick auf die Bildung der Samenknospen werfen.

Die Samenknospe oder das Ei erscheint in seiner ersten Anfangsbildung als eine kleine zellige Hervorragung der Plazenta, welche mit einer Schicht tafelförmiger Zellen, Kernhaut genannt, überkleidet ist, wie dieß Fig. 75 a bei b b zeigt. Am Grunde dieses Zellenwulstes, welcher die Anfangsbildung der Kernwarze der Samenknospe ist, treten nun in den meisten Fällen ringsum ein oder zwei zellige Polster auf, welche später schnellwachsend eine äußere und innere Eihülle darstellen, die die Kernwarze umschließen. Auf Fig. 75 c, dem vierhundert Mal vergrößerten Durchschnitt einer jungen Samenknospe von Fritillaria imperialis* ist d d die Anfangsbildung der äußeren, f f dagegen die schon

* Diese wie die folgenden Figuren sind den Werken Hofmeister's entnommen.

Digitized by Google

Fig. 75.

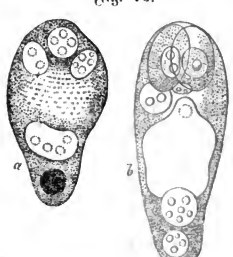


weiter vorgerückte, die Kernwarze g schon zur Hälfte umschließende, innere Eihülle. Auf S. 41, Fig. 26 d, e, f stellten wir schon drei Samenknospen dar, deren zentrale Kernwarze von zwei ausgebildeten Eihüllen umgeben, die bei g nur noch eine kleine Oeffnung, den Knospenmund frei ließen. Dort betrachteten wir auch schon, wie aus der ursprünglich geraden Kernwarze die verschiedenartig gebogenen Samenknospen hervorgehen, was jedoch auf die Vorgänge der Befruchtung gar keinen Einfluß zeigt.

Die Eihüllen bilden sich jedoch nicht immer aus, sondern es kann die Kernwarze derselben auch ganz entbehren, wie dieß bei den nackten Eiern der Nadelhölzer der Fall ist. In diesem letzteren Falle bildet das tafelförmige Zellgewebe die einzige Hülle um die Kernwarze.

Weitaus wichtiger, als jene die Umhüllung der Samenknospe betreffenden Bildungen, sind die im Innern der Kernwarze vorgehenden Umbildungen. Anfangs stellt dieselbe eine einfache zellige Masse dar (Fig. 75 a), in deren Innern nimmt später aber eine einzelne Zelle gleichzeitig mit dem Entstehen der Eihüllen unverhältnißmäßig an Größe zu. Indem sich diese immer mehr vergrößert, resorbirt sie das anliegende Zellgewebe, so daß sie später die Kernwarze fast gänzlich bis auf das umschließende tafelförmige Zellgewebe ausfüllt, wie man dieß auf Fig. 75 c im Innern der Kernwarze bei g sieht. Diese große Zelle ist der Keim- oder Embryosack, in dessen Innern durch die Befruchtung später die junge Keimpflanze sich hervorbildet. Er enthält einen körnigen Inhalt und einen zentralen Kern mit kleinen Kernkörperchen. Etwas später zeigen sich mehrere kleine, undeutlich abgegrenzte Bläschen (Fig. 75 i, die dreihundert Mal vergrößerte Kernwarze ungefähr acht Tage später). Noch etwas später grenzen sich diese Bläschen deutlicher als kleine Zellen ab, die in ihrem Innern mehrere mit deutlichen Membranen umschlossene Kernkörperchen enthalten, wie dieß Fig. 76 a, ein etwas älterer Embryosack der gleichen Pflanze zeigt. Ungefähr anderthalb Tage vor dem Oeffnen der Blume haben sich um eins oder mehrere Kernkörperchen der dem Keimmund zunächst gelegenen Zellchen des Embryosackes elliptische Zellchen gebildet, welche der Membran der Spitze des Embryosackes anliegen und Keim-

Fig. 76.



Digitized by Google

bläschen genannt werden, wie dieß Fig. 76 b zeigt. Diese Keimbläschen reichen ungefähr ein Fünftel in den Embryosack hinein und besitzen ein oder selten zwei Kernkörperchen. Der ursprüngliche zentrale Kern des Embryosackes (Fig. 75 bei g) hat sich inzwischen verflüssigt, wie auf Fig. 76 a, oder er stellt, wie auf Fig. 76 b, eine große unregelmäßige Zelle mit dünnflüssigem Inhalt dar, deren Membran noch später jedoch ebenfalls wieder verflüssigt wird.

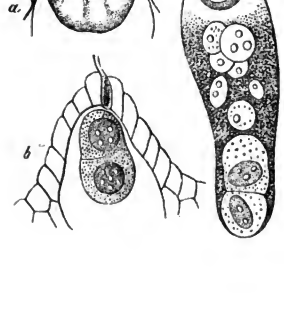
Durch diese Vorgänge im Innern der Kernwarze und des Embryosackes, wird die Befruchtung selbst vorbereitet. Der Pollenschlauch dringt durch den Knospenmund zur Kernwarze, wächst auch zwischen dem tafelförmigen, dieselben umhüllenden Zellgewebe hindurch und gelangt so bis zum Embryosack.

Nach Schleiden's Ansicht stülpt die Spitze des Pollenschlauches nun die Membran des Embryosackes ein, sackt sich gleichsam in den Embryosack ein, schwillt hierauf von demselben ernährt an und füllt sich mit grünen Zellen, aus denen später der Embryo hervorgeht, während der obere Theil des Pollenschlauches abstirbt.

Diese von Schleiden und in neuester Zeit von H. Schacht vertretene Theorie tritt den Ansichten, welche man bis jetzt über das Geschlecht der Pflanzen hatte, gerade entgegen. Nach derselben würde man das Pollenkorn nicht als das die Befruchtung bedingende Organ, sondern als das Ei deuten müssen, was sich nur eingebettet in ein anderes Organ entwickeln würde.

Unger und Tulasne, welche Anfangs Schleiden's Ansicht acceptirten, wurden in Folge genauer Untersuchungen Gegner derselben. St. Endlicher trat in einer kleinen 1839 erschienenen Schrift für Schleiden's Theorie auf. Folgen wir nun zunächst Hofmeister's Darstellung dieser Vorgänge, der nebst Amici und Tulasne, Schleiden's Theorie mit den schlagendsten Beweise bekämpfte.

Fig. 77.



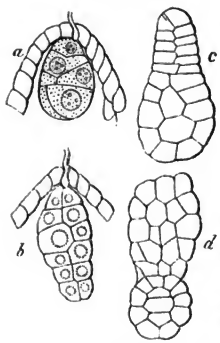
Nach dessen Untersuchungen legt sich der Pollenschlauch, nachdem er zum Embryosack vorgedrungen ist, genau da an die Membran desselben an, wo sich gleichzeitig im Innern des Embryosackes die eben beschriebenen Keimbläschen gebildet haben. Fig. 77 a ist der Durchschnitt durch eine Kernwarze der Fritillaria imperialis bei vierhundertmaliger Vergrößerung. Die Spitze des Pollenschlauches hat sich durch das tafelförmige Zellgewebe hindurchgedrängt, an den Embryosack angelegt und mit dem Keimbläschen auf diese Weise in Verbindung gesetzt, so daß ein Austausch der Stoffe beider wie zwischen Zelle und Zelle stattfinden kann. Fig. 77 c ist der

Digitized by Google

ganze zweihundertundfünfzig Mal vergrößerte Embryosack zur gleichen Zeit, entkleidet von der Schicht tafelförmigen Zellgewebes. In der Spitze desselben liegt das einzig übrig gebliebene Keimbläschen genau da an der Membran an, wo sich der Pollenschlauch an den Embryosack anlegte. Im untern Theil des Embryosackes sieht man mehrere größere Zellen, und im Mittel desselben bemerkt man an der Stelle des primären Kerns mehrere kleine Zellen.

Wo mehrere Keimbläschen vorhanden sind, setzt sich die Spitze des Pollenschlauches auf die angedeutete Weise nur mit einem der Keimbläschen in Verbindung. Nur in seltenen Fällen, wie bei Narcissus poëticus, Digitalis purpurea, stülpt die Spitze des Pollenschlauches die Membran des Embryosackes etwas ein oder durchbricht wie bei Canna dieselbe, um sich unmittelbar an die Membran des Keimbläschens anzulegen. Diese Verbindung kann bei der zarten gallertartigen Beschaffenheit der Membranen, des Pollenschlauches, Keimbläschens und Embryosackes eine fast unmittelbare genannt werden, und so wird die Befruchtung des Keimbläschens durch den endosmotischen Austausch der Stoffe zwischen der unverletzt bleibenden Spitze des Pollenschlauches und dem gleichfalls unverletzt bleibenden Keimbläschen bewirkt. *

Fig. 78.



Nachdem auf diese Weise die Befruchtung stattgefunden, dehnt sich das befruchtete Keimbläschen rasch aus, während die nicht befruchteten resorbirt werden. Der zentrale Kern desselben wird nun verflüssigt und es entstehen zwei neue Kerne, zwischen denen plötzlich eine Scheidewand auftritt, welche das Keimbläschen in zwei Zellen theilt, wie dieß Fig. 77 b bei vierhundertmaliger Vergrößerung zeigt. Durch weitere Theilung dieser beiden Zellen entsteht nun der bald mehr, bald weniger gestreckte sogenante Vorkeim ** (Fig. 78 a), an dessen Spitze etwas später eine kleine Zellpartie als erste Bildung des Embryos hervorwächst, die noch später als kleiner zylindrischer oder kuglicher Zellkörper sich abgrenzt, wie dieß die Darstellungen Fig. 78 b, c, d an ihrer unteren Hälfte zeigen.

* Die Darstellungen Schleiden's und Schacht's einerseits und die Hofmeister's andererseits differiren eigentlich nur in dem Punkte, daß die ersteren das Keimbläschen für die den Embryosack einstülpende oder in denselben eindringende Spitze des Pollenschlauches ansehen. Wie leicht hier bei der Zartheit aller Bildungen auch unter so ausgezeichneten Beobachtern Differenzen herrschen können, das weiß jeder, der ähnliche Untersuchungen schon angestellt.

** Der Name Vorkeim ist insofern unrichtig gewählt, als dieses Gebilde nur mit dem Vorkeim der Moose identisch, insofern er wie dieser ein mit Reproduktionskraft ausgerüstetes Gewebe, aus dem die erste Knospe, der Embryo, hervorgeht. Wesentlich verschieden ist der Vorkeim der Farren ꝛc., der aus noch unbefruchteten Organen hervorgeht. Der Vorkeim der Nadelhölzer ist nur eine stärker ausgebildete analoge Bildung.

Digitized by Google

Während auf diese Weise aus dem Keimbläschen nach erfolgter Befruchtung der Embryo allmälig heranwächst und anfänglich das anlagernde Ende des Pollenschlauches im verdorrtem Zustande noch erkannt werden kann (Fig. 78 a, b), geht gleichzeitig der Theil des Embryosackes, der vom Keimbläschen nicht erfüllt ist (Fig. 77 c), rasche Weiterbildungen ein, indem die in denselben bereits begonnene Zellbildung rasch von den Wandungen zur Mitte fortschreitet und so den Embryosack bald mit einem kleinmaschigen Zellgewebe erfüllt, aus welchem der den Embryo umschließende Eiweißkörper hervorgeht.

In dieser Weise verhalten sich diese Bildungen bei dem größten Theil der Mono- und Dicotyledonen anfänglich. Später kann sich aber der junge Embryo verhältnißmäßig so stark vergrößern, daß er das junge Zellgewebe des Embryosackes wiederum resorbirt und den Embryosack gänzlich ausfüllt. In einigen Fällen kann dann die Schicht tafelförmigen Zellgewebes der Kernwarze noch eine Weiterbildung zum Eiweißkörper eingehen, in den meisten Fällen wird aber auch das noch resorbirt und der ausgebildete Same enthält gar keinen Eiweißkörper.

In sehr seltenen Fällen werden mehrere Keimbläschen im gleichen Embryosacke befruchtet, welche sich gleichzeitig zum Embryo weiter bilden, ein Fall, der z. B. bei Funkia und Citrus beobachtet ward. Man nennt dieß Polyembryonie. Jedoch auch bei diesen gelangt nur einer zur vollständigen Ausbildung.

Nachdem wir im Vorhergehenden jene Ansicht, die wir auch zur unserigen gemacht, dargestellt, wollen wir auch den andern Ansichten noch einige Worte widmen, da dieß ein Gegenstand, wo so ausgezeichnete Beobachter, wie Hofmeister und Schacht, jetzt noch durchaus verschiedener Ansicht sind, wohl verdient.

Meyen beobachtete und beschrieb schon in seiner Physiologie das Keimbläschen. In einer 1840 erschienenen Broschüre (Noch einige Worte über den Befruchtungsakt und Polyembryonie) nimmt er gleichsam eine vermittelnde Stellung ein. Hier behauptet er, das Keimbläschen gehe erst in Folge der Verwachsung des Pollenschlauches mit der Spitze des Embryosackes aus der Substanz der beiden verwachsenen Membranen hervor. Kurze Zeit soll mittelst des zwischen beiden entstehenden Keimbläschens, Pollenschlauch und Embryosack in offener Verbindung stehen und auf diese Weise die Befruchtung stattfinden. Später werde diese Verbindung durch Auftreten einer Scheidewand unterbrochen. Während er diese Art der Befruchtung für den größten Theil der höheren Pflanzen annimmt, läßt er bei den Liliaceen den Vorkeim im angeschwollenen Ende des Pollenschlauches entstehen, und bietet so seinem Gegner selbst die Waffen.

Entschiedener sprachen sich gleichzeitig Mirbel und Spach aus. Sie entdeckten ebenfalls schon das Keimbläschen beim Mais und bemerkten, daß es schon deßhalb nicht das angeschwollene Ende des Pollenschlauches sein könne, weil es sich entwickele, bevor dieser zum Embryosacke gelange.

Tulasne, früher ein Verfechter der Theorie Schleidens, hat nach Hofmeister seine Untersuchungen veröffentlicht und tritt nun den An-

Digitized by Google

sichten des letzteren gänzlich bei, nur soll nach ihm das Keimbläschen erst nach dem Anlegen des Pollenschlauches entstehen. Auch Mohl tritt Hofmeisters Darstellung bei.

Hermann Schacht endlich, der in neuester Zeit eine ganze Reihe schöner Untersuchungen über diesen Gegenstand veröffentlichte, ist entschiedener Vertreter der Theorie Schleidens. Nur darin weicht er von Schleidens Darstellung ab, daß er annimmt, der Pollenschlauch stülpe den Embryosack nur dann ein, wenn dieser genugsame Widerstandsfähigkeit besitze. In der größten Zahl der Fälle gelange er durch Resorbirung der Membran des Embryosackes in das Innere desselben. Hier schwelle er an, fülle sich mit Zellen und werde zum Embryo. Die Bildung des Keimbläschens läugnet er nicht, erklärt es aber für eine unwesentliche, später wieder verschwindende Bildung. Endlich erklärt er das Pollenkorn für das weibliche, dem Ei der Thiere analoge Organ, welches sich in dem dem Uterus zu vergleichenden Embryosacke entwickele. Analogien werden als durchaus unpassend zurückgewiesen.

Der ganze Unterschied der Ansichten Schachts und Hofmeisters reduzirt sich mithin darauf, daß das was Schacht die wirklich in den Embryosack eingedrungene Spitze des Pollenschlauches nennt, Hofmeister für eine im Innern des Embryosackes gebildete Zelle hält, an die sich der Pollenschlauch nur anlegt. Die Bildung dieser Zelle (des Keimbläschens) im Innern des Embryosackes ward von Hofmeister, Mirbel und Spach schon vor der Ankunft des Pollenschlauches am Embryosack beobachtet. Schachts Beobachtungen sind zu treu, als daß ihm das Keimbläschen hätte entgehen können, konsequent seiner Ansicht erklärt er es aber für eine nutzlose Bildung. Als Beweis für seine Ansicht führt endlich Schacht an, daß es ihm gelungen sei, einen Pollenschlauch, in dessen Spitze bereits die Zellbildung begonnen, heraus zu präpariren. Bei der innigen Verwechslung, welche die Spitze des Pollenschlauches mit der Membran des Embryosackes eingeht, ist es jedoch wohl kein so schwieriges Experiment, Pollenschlauch nebst anhängendem Keimbläschen herauszulösen, als die Verwachsung der beiden Membranen zu lösen, da eine zarte Membran jedenfalls leichter zerstört, als die Verwachsung zwischen zwei solchen getrennt wird. Als Beispiel wollen wir hier nur an die doppelten Membranen der durch Theilung entstehenden Zellen erinnern, welche aus einander zu präpariren wohl noch Niemandem gelungen.

Nach Hofmeister haben wir ferner eine schöne Vorstellung von der Befruchtung. Es bleibt der Theil, welcher die Samenknospen und später den Samen umschließt, das weibliche Organ, und das andere, welches den befruchtenden Stoff liefert, das männliche Organ. Schacht weist zwar alle Analogien ab, aber es ist die Untersuchung jetzt auf einem Punkt angelangt, wo wir der Analogien bedürfen, um ins Reine zu kommen. Die vorliegenden Untersuchungen stimmen ziemlich überein, und auf dem einen Punkt, der noch zu entscheiden ist, hat eine vorgefaßte Ansicht jedenfalls einen mächtigen Einfluß.

Digitized by Google

Würde sich die Schleiden'sche Theorie als wahr erweisen, so wäre das Pollenkorn das Ei und die Anthere der Eierstock. Die Samenknospe dagegen wäre ein Organ, in welches das Ei eingebracht würde, um sich da zu entwickeln. Denn mit Schacht den Embryosack den Uterus zu nennen, wäre in jeder Hinsicht unpassend, da die höhern Pflanzen dann zweierlei weibliche Organe und zwar oft auf ganz verschiedenen Individuen tragen würden, und doch deren Zusammenwirken zur Erzeugung des Samens nothwendig wäre.

Angenommen, es wäre nun das Pollenkorn das wahre Ei, so müßte dieß entweder das schon befruchtete, oder das unbefruchtete Ei sein. Das befruchtete Ei könnte es nun schon deßhalb nicht sein, weil sonst die Bastardbildungen durchaus unerklärlich wären. Mithin müßte es das unbefruchtete Ei sein, welches in seiner Entwicklungsweise die größte Aehnlichkeit mit der Spore der Farrenkräuter besitzen würde. Die Entwickelung der Spore der Farren werden wir noch kennen lernen und sehen, daß hier die Befruchtung durch besondere Organe bewerkstelliget wird. Wir hätten, wenn wir dieser Analogie folgen wollten, dann eine Entwickelung des Pollenkorns im Innern des Embryosackes zum Vorkeim, dagegen müßten erst noch befruchtende Organe im Zeilgewebe der Kernwarze* aufgefunden werden, wenn bei der Annahme der Schleiden'schen Theorie die Bildung von Pflanzenbastarden erklärt werden sollte. Nach dem Stande der jetzigen Untersuchungen wäre nach dieser Theorie die Pollenzelle eine Zelle, welche in einem andern Pflanzentheil eingeimpft, zur Entwickelung kommen würde. Nun wissen wir aber, daß durch solch eine Impfung die Natur des eingeimpften Organes nicht verhindert wird, mithin erklärt Schleidens Theorie Bastardbildungen nicht, wohl aber werden solche durch die Darstellung Hofmeisters vollständig erklärt.

Allerdings könnte man endlich noch annehmen, der Embryosack sei das männliche Organ, welcher durch den Stoffaustausch die Befruchtung des Pollenschlauches bedinge. Dann aber hätten wir die Anomalie, daß sich im Innern des männnlichen Organs der Embryo entwickeln würde, eine Folgerung, die weder Schacht noch Schleiden bis jetzt zu machen wagten. — Wir schließen daher diese Betrachtung damit, daß so lange im Innern des Embryosackes oder dessen unmittelbarer Umgebung nicht befruchtende Organe aufgefunden werden, die Darstellung Hofmeisters als die einzig richtige angesehen werden muß.

§ 42. Befruchtung der Coniferen und Cycadeen

Die Befruchtungsgeschichte und Samenbildung der Coniferen hat einen durchaus eigenthümlichen Verlauf, so daß diesen Pflanzen hierdurch die Stellung als Mittelglied zwischen den höheren blüthetragenden und blüthelosen Pflanzen im Systeme angewiesen wird. R. Brown, Meyen, Mirbel, Spach, Schleiden, Hartig und neuester Zeit Hofmeister und

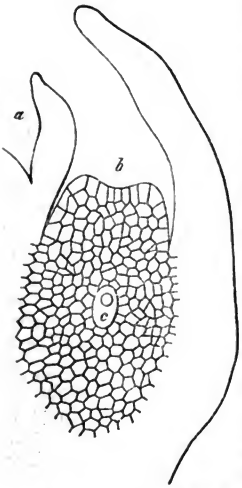
* Am Vorkeim selbst könnten sie sich nicht finden, denn dann wären Bastardbildungen unmöglich.

Digitized by Google

Schacht haben einläßliche Untersuchungen darüber veröffentlicht. Wir folgen der Darstellung Hofmeisters.

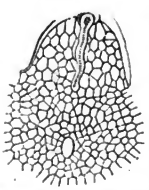
So verschiedenartig wie die Samenknospen der Coniferen, in Bezug auf Anheftung und Stellung, so gleichförmig verhält sich deren innerer Bau. Fig. 79 ist der hundertfünfzig Mal vergrößerte Durchschnitt der Samenknospe von Pinus austriaca. Eine fleischige Hülle, die oben einen breiten Eimund offen läßt, umhüllt den dicken, zelligen Kern b. Tief im Innern des Kerns wächst bei den Abietineen meist nur eine einzelne Zelle zum Embryosacke heran, welche auf Fig. 79 ziemlich im Zentrum liegt. Bei Thuja, Taxus dagegen vergrößern sich mehrere, mehr gegen den Scheitel hin liegende Zellen zu Embryosäcken.

Fig. 79.



Durch den weiten Eimund hindurch fällt der Pollen der Coniferen unmittelbar auf die Spitze des Kernes und treibt einen kurzen Schlauch in wenigen Tagen bis dahin ein, wo sich Hülle und Kern scheiden, wie dieß Fig. 80 zeigt. Jetzt endet aber vorläufig das Wachsthum des Pollenschlauches. Im Embryosack werden nun aber die Kerne aufgelöst. Dafür erscheinen bald darauf zahlreiche neue Kerne und um diese bildet sich ein parenchymatisches Zellgewebe, welches den Embryosack gänzlich ausfüllt. In diesem Zustande verharren nun Pollenschlauch und Embryosack, während des ganzen folgenden Winters, nur verdicken sich die Wandungen des letzteren. Mit Anfang März beginnt die Wiederauflösung dieser verdickten Membranen und es tritt freie Zellbildung an die Stelle der resorbirten Zellen im Innern des Embryosackes, welcher inzwischen fast um das zwanzigfache an Volumen zunimmt. Auf diese Weise erfüllt der Embryosack nach und nach fast das ganze Innere der Kernwarze und füllt sich mit kleinmaschigen Eiweißzellen, wie dieß Fig. 81 zeigt, welche einen fünfzig Mal vergrößerten Durchschnitt der Samenknospe von Pinus silvestris am 20. Mai des zweiten Jahres darstellt. An der Spitze der Kernwarze sieht man den eingedrungenen Pollenschlauch, der sich seit dem letzten Herbste nicht wesentlich verändert hat. — Jetzt beginnen einige der dem Knospenmund zunächst liegenden Zellen des Embryosackes sich durch beträchtlicheres Wachsthum vor den andern Zellen auszuzeichnen, wie man deren zwei auf Fig. 82, dem Längsschnitt durch den Embryosack von Pinus silvestris Ende Mai bei hundertfünfzigmaliger Vergrößerung be-

Fig. 80.



Digitized by Google

Fig. 81.

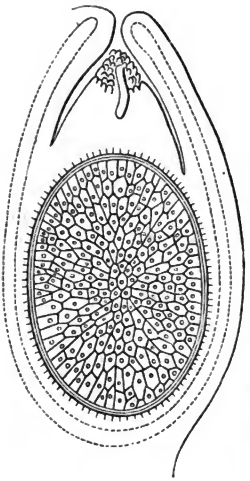
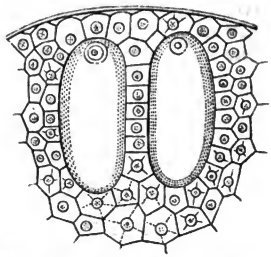
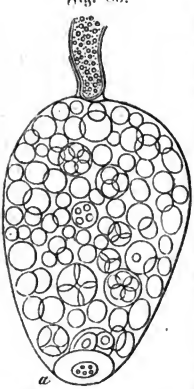


Fig. 82.



bemerkt. Es sind dieser Zellen bei Pinus silvestris in jedem Embryosack drei bis fünf vorhanden und es gehen aus ihnen die sogenannten Corpuscula hervor. Bald darauf verflüssiget sich nämlich der primäre, der obern Wandung derselben anliegende Kern und es treten an dessen Stelle im Innern des Corpusculum viele zartwandige kuglige Zellen auf, die dasselbe fast gänzlich erfüllen. Fig. 83 gibt den zweihundert Mal vergrößerten Durchschnitt eines Corpusculum zu dieser Zeit von Pinus Strobus. Während auf diese Weise die Corpuscula sich vorbildeten, zeigte inzwischen auch der Pollenschlauch neues Wachsthum, indem er durch das Zellgewebe des Kernes bis zum Embryosacke vordrang, auch diesen durchbrach und an der Spitze der Membran des Corpusculum sich anlegte, wie dieß Fig. 83 zeigt. Zuweilen kommt es auch vor, daß sich in der Spitze des Pollenschlauches selbst loses Zellgewebe bildet, aus dem jedoch keine weitere Bildung hervorgeht. Am Grunde des Corpusculum (Fig. 83 bei a) findet sich zu dieser Zeit eine auffallend größere Zelle, welche Hofmeister Keimbläschen nennt, weil aus ihr in Folge der Befruchtung der Embryo hervorgeht. Der Pollenschlauch setzt sich jedoch nie in direkte Verbindung mit dem Keimbläschen, sondern es vermittelt das lose, zwischen beiden Gebilden liegende Zellgewebe den Austausch der Stoffe.

Fig. 83.



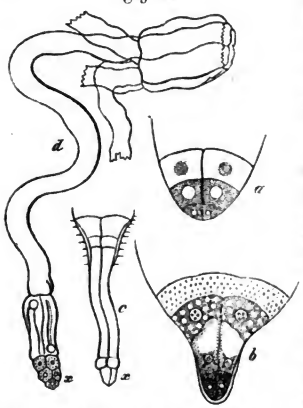
Nach der Befruchtung nimmt nun das Keimbläschen schnell an Größe zu, sein Kern wird verflüssiget, durch Auftreten einer Längsscheidewand wird es erst in zwei und dann durch Auftreten von Querscheidewänden in mehrere über einander liegende Zellschichten getheilt, wie man

Digitized by Google

dieß auf Fig. 84 a dem Schnitt durch dieſe, das Keimbläschen darſtellende Zelle, bemerkt. Dieſe erſten Zellen des Keimbläschen ſind der Vorkeim des Embryo.

Die unterſten Zellen desſelben beginnen nun allmälig ſich in die Länge zu dehnen, bis ſie zuletzt die Membran des Corpusculum durchbrechen, wie dieß Fig. 84 b und c zeigen. Dabei ſtrecken ſich die mittleren dieſer Zellen zu langen Schläuchen, und auf ihrer Spitze die Zellen tragend (Fig. 84 c und d bei x), aus welchen ſpäter der Embryo hervorgeht, wachſen ſie mit denſelben in die Höhlung des Embryoſackes hinein. Es kann nun auf jeder dieſer geſtreckten ſchlauchförmigen Zellen ein Embryo entſtehen, wie dieß auf Fig. 84 d der Fall, wo drei der ſchlauchförmigen Träger oben weggeſchnitten, oder es können auch wie auf Fig. 84 c dieſe ſchlauchförmigen Zellen neben einander liegen bleiben und auf ihrer gemeinſamen Spitze einen Embryo entwickeln. Die gleichen Vorgänge zeigen nun aber auch die andern Corpusculen eines Embryoſackes, ſofern ſie befruchtet werden, ſo daß in einem Embryoſacke viele jungen Embryonen ſich hervorbilden können, von denen jedoch gemeiniglich nur einer zur Entwickelung kommt.

Fig. 84.



Die Vorgänge bei anderen Coniferen, wie z B. bei Taxus, ſind inſofern verſchieden, als die Samenreife nur ein Jahr in Anſpruch nimmt und die Lage und Geſtalt der Corpusculen verſchieden iſt, in der Hauptſache verhalten ſich aber alle durchaus gleich. Zur Unterſcheidung hat man die verſchiedenen aus dem Keimbläschen hervorgehenden Zellſchichten mit verſchiedenem Namen belegt, und zwar heißen auf Fig. 84 d (der hundertmal vergrößerte Vorkeim von Pinus Strobus) die oberen vier noch zuſammenhaltenden Zellen die Roſette, die geſtreckten Zellen (von denen drei weggeſchnitten) die Embryoträger, und die Zellen auf der Spitze ſtellen den jungen Embryo dar.

Ueberblicken wir dieſe Bildungen, ſo haben wir hier eine Samenknoſpe, auf deren Kern das Pollenkorn unmittelbar gelangt, einen Embryoſack, der vor der Befruchtung ſich mit Zellgewebe füllt und die Kernwarze faſt gänzlich ausfüllt. Drei bis ſechs in einem Kreiſe unter der Spitze des Embryoſackes geſtellte Zellen entwickeln ſich zu den Corpusculen, in deren Grunde das Keimbläschen entſteht, aus dem ſich nachder Befruchtung Roſette und Embryoträger und an der Spitze der letzteren der Embryo ſelbſt entwickelt.

Wir haben alſo hier in der Bildung der Corpusculen ähnlich wie bei manchen blüthenloſen Pflanzen die Entwickelung eines eigentlichen

Digitized by Google

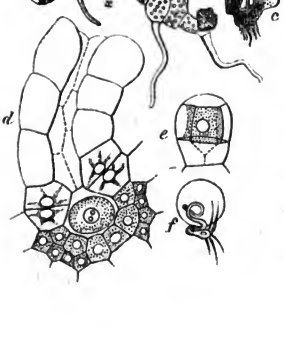
Vorkeims, welcher erst das Keimbläschen in sich entwickelt. Das Keimbläschen der blüthetragenden Pflanzen ist am richtigsten der Zelle, welche in den Archegonien befruchtet wird, zu vergleichen, Bildungen, welche wir bei den blüthelosen Pflanzen kennen lernen werden. Der Name Vorkeim endlich, welchen man den ersten Entwicklungszuständen des Embryos der blüthetragenden Pflanzen überhaupt gegeben hat, ist jedenfalls im Vergleich mit den blüthelosen Pflanzen falsch gewählt. Nur den Corpusculen der Coniferen kann er mit Recht beigelegt werden.

§ 43. Befruchtung der Farrenkräuter und Schachthalme.

Seite 52 und 53 lernten wir bereits die Entwickelung der Keimkörner oder Sporen der Farrenkräuter kennen. Erst der Neuzeit war es vorbehalten, die Befruchtungsgeschichte dieser und der andern blüthelosen Pflanzen aufzudecken, bei denen wir gegenwärtig die Bildungsgeschichte des Embryos, wenn auch nicht sicherer, so doch unbestrittener als bei den blüthentragenden Pflanzen kennen. Herr C. Nägeli war es, welcher hier der erste war, der an jungen, im hiesigen Garten gekeimten Pflanzen die männlichen Geschlechtsorgane entdeckte, eine Entdeckung, die der erste Grundstein zu einer Menge wichtiger Entdeckungen in dieser Richtung ward. Ausgebaut ward die Befruchtungsgeschichte der Farrenkräuter besonders durch Merklin und Suminsky. Wir geben die Darstellung dieser Vorgänge theils nach Suminsky, theils nach Hofmeister.

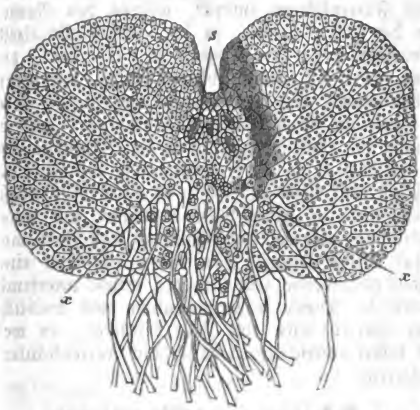
Sobald die Spore der Farrenkräuter unter Verhältnisse gebracht wird, die das Keimen derselben bedingen, entwickelt sie zunächst nach unten ein wasserhelles Würzelchen und nach oben einen einfach abgegliederten grünen Zellfaden, der dann an der Spitze durch Zellbildung in die Breite sich keilig verdickt, wie dieß Fig. 85 a darstellt. Jetzt beginnt von der wachsenden Spitze aus ein ferneres Wachsthum in horizontaler Richtung, wodurch das junge keimende Pflänzchen, der Vorkeim der Farrenkräuter, (Proembryo, Prothallium), die Gestalt eines zarten herzförmigen grünen Blättchens, ähnlich dem blattartigen Lager mancher Lebermoose, erhält, wie dieß Fig 85 b und Fig. 86 zeigt. Das Zellgewebe dieses Blättchens ist an der wachsenden Spitze am kleinsten und grünsten, gegen den Grund, wo anfangs die Spore saß, ist es größer und farbloser. Auf der der Erde zugekehrten Rückseite dehnen sich einzelne Zellen zu kleinen Würzelchen, wie dieß Fig. 86 zeigt.

Fig. 85.



Außerdem finden sich aber auch noch auf der untern Seite dieses Vorkeimes

Fig. 86.



die männlichen und weiblichen Geschlechtsorgane. Schon in den ersten Stadien der Entwickelung erheben sich gegen den Grund hin auf der Rückseite, einzelne der oberflächlichen Zellen über die anderen (Fig. 85 b bei xx), welche in einem spätern Stadium der Entwickelung zwischen den zahlreich ausgesendeten Würzelchen liegen, wie dieß Fig. 86 bei x x zeigt. Dieselben haben die Gestalt kleiner kugliger Drüsen. Nachdem sie sich anfangs sackartig aus einer Zelle des Vorkeims erhoben haben, schnüren sie sich von dieser ab und bilden zuletzt einen hohlen Cylinder (Fig. 85 e, zweihundertfünfzig Mal vergrößert), der aus einer größern zentralen Zelle besteht, die von vier Zellen umgeben ist. Im Innern der zentralen Zelle bilden sich durch freie Zellbildung eine Menge kugliger Zellen. Diese Zellchen treten später aus einer Oeffnung in der Spitze aus, zeigen beim Austreten im Wasser eine sehr lebhafte schraubenförmige Bewegung, wobei sich aus ihrem Innern ein Spiralfaden befreit, der an seinem einen Ende keulig verdickt und mit Wimperorganen besetzt ist, wie dieß Fig. 85 f zeigt. Es stimmen diese Organe durchaus mit den männlichen Organen anderer blüthenloser Pflanzen überein, und haben daher die drüsenförmigen Behälter den Namen Antheridien und die Zellchen mit dem Spiralfaden den Namen Spiralfadenzellen erhalten.

Außer diesen Organen entwickeln sich aber auch an den etwas mehr ausgebildeten Vorkeimen dicht unter der wachsenden Spitze, ebenfalls auf der Rückseite, hohle eiförmige Organe, wie man deren auf Fig. 86 bei s drei bemerkt. Selten erscheinen auf einem Vorkeim mehr als acht derselben. Sie entstehen, indem anfänglich eine große kugelförmige Zelle sich in zwei theilt und hieraus die Bildung von zu vier über einander gestellten Zellen hervorgeht, die sich warzenförmig über dem Vorkeim erheben und auf einer großen Basalzelle ruhen. In der Längsachse dieses Organes bildet sich später durch Resorption der Querwände von den zentralen Zellen, oder durch Auseinandertreten der Membranen, sofern die zentralen Zellen fehlen, ein in der Spitze geöffneter Kanal bis zur Basalzelle. In der letzteren aber entsteht eine junge Zelle mit zentralem Kern, wie Heß Fig. 45 d nach Hofmeister bei zweihundertfünfzigfacher

Digitized by Google

Vergrößerung zeigt. Herr Suminsky hat in diesem Organ das weibliche Organ des Vorkeims der Farrenkräuter entdeckt, welches den Namen Archegonium erhalten hat. Die junge, in der großen Basalzelle entstandene Zelle wird nämlich durch die Spiralfaden befruchtet, die, anfangs um die Oeffnung des Archegonium lebhaft kreisend, mit ihrem spitzen Ende voran in den Kanal des Archegonium eindringen. Hier legen sie sich der großen Zelle im Grunde an, und bedingen, wie es scheint, durch ihre Auflösung die Befruchtung der in der Basalzelle entstandenen Tochterzelle (Keimbläschen). Nach der Befruchtung entwickelt sich aus dieser das erste Knöspchen, wie dieses Fig. 85 c in natürlicher Größe darstellt, doch gelangt auch hier an jedem Vorkeim immer nur eines dieser Organe zur Weiterbildung, und von durchschnittlich zehn Vorkeimen gelangt meist nur einer zur Wedelbildung. Wir hätten also hier eine, in einem bestimmten Organe entstandene Zelle (Spore), welche unbefruchtet sich zum Vorkeim entwickelt. Dieser trägt männliche und weibliche Organe. Im Grunde der letzteren wird eine Zelle befruchtet, in welcher die Keimpflanze sich sofort entwickelt. Aehnlich den Farrenkräutern verhalten sich die Equisetaceen.

§ 44. Befruchtung der Selaginellen und Wurzelfarren.

Wer kennt nicht die kleinen niedlichen Arten der Gattung Selaginella, die, früher mit Lycopodium vereinigt, jetzt, nachdem man ihre Entwickelungsgeschichte kennen gelernt, eine ganz eigenthümliche Familie bilden müssen. Den lebhaft grünen Moosen ähnlich dekoriren sie in unsern Kalt- und Warmhäusern Steinkanten auf die herrlichste Art und Weise.

Auf der Spitze ihrer Aeste tragen sie ihre Fruchtkapseln, zu ährenförmigen Fruchtständen vereinigt, in den Achseln ihrer Blätter. (Fig. 87 a junge Fruchtähre von Selaginella helvetica, dreißigmal vergrößert. Wie die folgenden nach Hofmeister.)

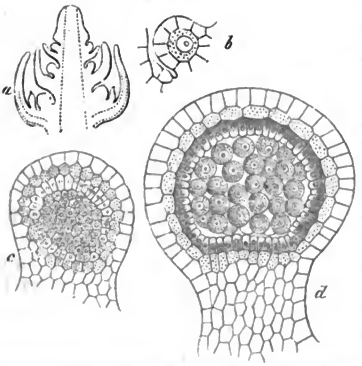
Diese Fruchtkapseln oder Sporenfrüchte treten bei Selaginella in zwei wesentlich verschiedenen Bildungen auf, indem sie entweder nur drei bis vier größere Sporen, die großen Sporen, oder ein feines Pulver sehr kleiner einfacher Zellen, die kleinere Sporen enthalten. Die letztere Art der Fruchtbildung kommt bei allen Lycopodiaceen vor und der sogenannte Bärlappsamen besteht aus den kleinen Sporen unserer einheimischen Lycopodien. Die großen Sporen finden sich aber nur bei den Selaginellen.

Die Sporenfrüchte, welche bei den Selaginellen die großen Sporen enthalten, finden sich nur am Grunde der Fruchtähren in den Achseln der Blätter, sind von herzförmig kugliger Gestalt und drei- bis vierklappig. Die andern, welche die kleinen Sporen umschließen, besitzen eine zusammengedrückt nierenförmige Gestalt, sind zweiklappig und nehmen den obern Theil der Fruchtähre ein.

Die Vorgänge, welche bei diesen Pflanzen die Zeugung des Embryo bedingen, wurden erst in neuester Zeit durch Nägeli, Mettenius und Hofmeister aufgehellt.

Digitized by Google

Fig. 87.



Die erste Entwickelung der Sporenfrüchte, welche die großen und kleinen Sporen enthalten; verhält sich durchaus gleichartig. Aus der Blattachsel tritt eine kleine halbkugelige Erhöhung hervor, die aus einer zentralen Zelle, umgeben von einer Schicht tafelförmigen Zellgewebes, besteht, wie dieß Fig. 87 b der dreihundertmal vergrößerte Längsschnitt einer jungen Sporenfrucht von S. helvetica zeigt. Die Schicht tafelförmigen Gewebes theilt sich nun ferner, so daß bald daraus eine doppelte und dreifache Zellschicht entsteht, deren Zellen nach innen immer kleiner werden.

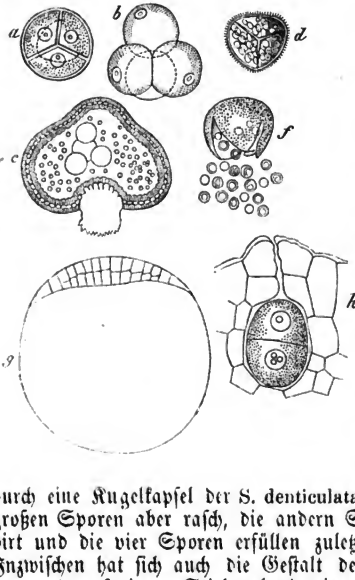
Langsamer, aber ebenfalls gleichzeitig, durch wiederholte Zweitheilung nach allen Richtungen, theilt sich auch die zentrale Zelle, so daß daraus erst vier, dann eine ganze Gruppe von Zellen entstehen. Fig. 87 c ist die weiter entwickelte Sporenfrucht von S. denticulata hundertfünfzigfach vergrößert. Man erblickt darin die zentrale Zellpartie mit grumösem Inhalt, umgeben von drei radial gestellten Zellschichten und getragen von einem dicken Stiel. Noch etwas später vereinzeln sich die zentralen, die Sporenmutterzellen darstellenden Zellen immer mehr und stellen dann kuglige Zellen mit trübschleimigem Inhalt und mäßiggroßem Zellkern dar, wie dieß Fig. 87 d die dreihundertmalige Vergrößerung eines etwas späteren Zustandes zeigt.

Während dieser Vorgänge bildet auch das Blatt, in dessen Achsel die junge Frucht steht, das Nebenblatt. Auf Fig. 87 a sieht man am Grund der beiden untern Blätter, zunächst die Nebenblätter als wulstförmige Erhabenheit vortretend durchschnitten und ganz in der Achsel liegen die jungen Früchte. Bis hieher sind die Vorgänge in beiden Organen durchaus gleichmäßig, nun aber zeigt sich ein bedeutender Unterschied, je nachdem die Sporenfrüchte die Bestimmung haben, zu Kugelkapseln (Fruchtkapseln mit großen Sporen), oder zu Staubkapseln (Fruchtkapseln mit kleinen Sporen) zu werden.

Die Kugelkapsel entwickelt sich in der Weise, daß von den vielen freien Zellen (Sporenmutterzellen) im Innern (Fig. 87 d) sich in einer durch nichts ausgezeichneten der Kern verflüssiget und an dessen Stelle vier neue Kerne auftreten, um die sich vier neue Zellen bilden, die Spezialmutterzellen der großen Sporen. (Fig. 88 a, Sporenmutterzelle von S. denticulata, die sich in vier Spezialmutterzellen getheilt hat, vierhundert Mal vergrößert.) In jeder dieser Spezialmutterzellen tritt nun eine anfangs sehr zartwandige Zelle (die große Spore) auf, die

Digitized by Google

Fig. 88.



zuletzt ihre Mutterzelle ganz erfüllt und deren Membran gemeiniglich bald auflöst, worauf die vier großen Sporen sich zu vereinzeln beginnen und eine kuglige Gestalt zeigen. (Fig. 88 b in fünfhundertfacher Vergrößerung, die großen jungen Sporen von S. denticulata.) Zuweilen, wie bei S. Martensis, wird jedoch die Spezialmutterzelle erst gegen die Reife aufgelöst und es bleiben dann die Sporen bis kurze Zeit vor der Reife in ihr eingeschlossen.

Kurz nach dem Auseinandertreten der großen Sporen schwimmen diese frei in dem Inhalt der Kugelkapsel neben den noch unveränderten anderer Sporenmutterzellen umher, wie dieß Fig. 88 c, ein fünfzig Mal vergrößerter Längsdurchschnitt durch eine Kugelkapsel der S. denticulata zeigt. Nun vergrößern sich die großen Sporen aber rasch, die andern Sporenmutterzellen werden resorbirt und die vier Sporen erfüllen zuletzt die Kugelkapsel ganz allein. Inzwischen hat sich auch die Gestalt der Kugelkapsel bedeutend verändert und auf einem Stiel ruhend eine herzförmig kugelige Gestalt angenommen. (Fig 88 c.) An den Sporen selbst bildet sich wie bei den Pollenkörnern später eine äußere und innere Sporenhaut. Die innere glashell, die äußere oft mit Stacheln bewaffnet. An der Kapselwand dagegen, die auf Fig. 88 c noch aus drei Schichten bestand, wird später auch noch die innerste Zellschicht resorbirt, so daß sie bei der Reife nur noch aus zwei Zellschichten besteht.

Einfacher verhält sich die Bildung der kleinen Sporen. Gehen wir von dem Zustande der Sporenfrucht aus, wie ihn Fig. 87 d darstellte, so theilen sich hier alle die vorgebildeten Sporenmutterzellen gleichzeitig in vier tetraädrische Spezialmutterzellen, ganz ähnlich, wie dieß auf Fig. 88 a von der einen die Umbildung zu den großen Sporen eingehenden Zelle dargestellt ward. Jedoch ist der Fall, daß sich durch Fehlschlagen nur zwei bis drei Spezialmutterzellen ausbilden, ebenfalls nicht selten. In jeder der letzteren bildet sich nun eine kleine Zelle, die kleine Spore, welche später die Spezialmutterzelle ganz oder theilweise resorbirt und außen gekörnt oder stachelig erscheint. Diese kleinen Sporen werden bei der Reife als feines Pulver ausgestreut.

Säet man nun die kleinen Sporen aus, so entwickeln sich im In-

Digitized by Google

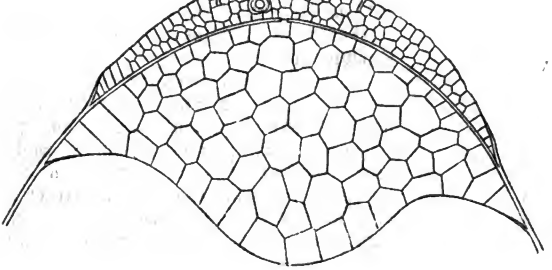
nern derselben fünf Monate nach der Aussaat, nach Hofmeisters Beobachtungen, eine große Zahl kleiner Zellen, die Samenfadenzellen, welche durch einen Druck austreten und zum großen Theil einen spiralig aufgerollten sehr dünnen Faden enthalten, der, nachdem er sich befreit hat, eine träge Bewegung zeigt. Fig. 28 d ist eine kleine Spore der Selaginella helvetica fünf Monate nach der Aussaat bei vierhundertmaliger Vergrößerung. Im Innern derselben liegen die Samenfadenzellen. Fig. 88 f zeigt eine solche, bei der die Samenfadenzellen in Folge eines leichten Druckes austreten, und in den ausgetretenen Zellchen bemerkt man den aufgerollten Spiralfaden.

An den großen Sporen bildet sich noch bevor die Kugelkapsel aufspringt, die Anfangsbildung zu einem Vorkeim. Man bemerkt nämlich an der nach Innen gerichteten Seite derselben eine halbmondförmige Zellschicht, die im Mittel aus zwei über einander stehenden Zellreihen und an dem Ausgangspunkt nur aus einer Zellreihe besteht, wie dieß Fig. 88 g, eine zweihundert Mal vergrößerte Spore der Selaginella helvetica, zeigt.

Werden nun die in diesem Zustande auffallenden großen Sporen ausgesäet, so grenzt sich zunächst dieser Vorkeim von dem übrigen Theil der Spore durch eine immer dicker werdende Membran ab, an der nur einzelne als Tüpfel erscheinende Stellen bemerkbar sind. Gleichzeitig füllt sich der anfänglich freie untere Theil der Spore entweder gänzlich oder theilweise mit einem losen parenchymatischen Zellgewebe aus. Fig. 89, der zweihundertfünfzig Mal vergrößerte Längsdurchschnitt durch den den Vorkeim tragenden Theil der großen Spore von Selaginella denticulata, eilf Monate nach der Aussaat, gibt hiervon die Darstellung. Man sieht hier die dicke Membran, welche den Vorkeim von dem andern Theil der Spore abgrenzt und in der Mitte derselben solch eine dünnere Stelle. Unterhalb hat sich ein Theil der Spore mit losem Zellgewebe gefüllt. Bei S. Martensis füllt sich die ganze Spore mit solchem Zellgewebe.

Inzwischen wächst jedoch auch der Vorkeim weiter. Es vermehren sich seine Zellschichten und es bilden sich die Archegonien an demselben, deren erstes auf dem Scheitel, die spätere an den Seiten des Vorkeims auftreten, wie dieß auf Fig. 89 bei aaaa zu sehen ist.

Fig. 89



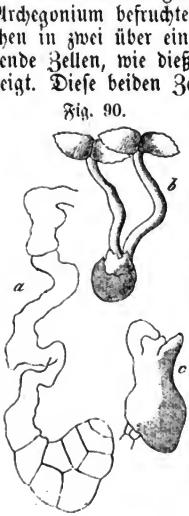
Digitized by Google

Diese Archegonien bestehen aus vier Paaren enger hoher Zellen, welche mit ihren Spitzen über den Vorkeim emporragen, zwischen sich einen engen oben ausmündenden Kanal offen lassen und auf einer großen Basalzelle ruhen. (Fig. 89 a a a a, bei einigen ist die Basalzelle zu sehen.) In der Basalzelle entsteht inzwischen eine zweite sphärische Zelle (das Keimbläschen), welches die Basalzelle nahezu ausfüllt, und aus ihr geht durch die Befruchtung der Embryo hervor.

Die Befruchtung wird unzweifelhaft durch die Samenfadenzellen bewerkstelligt, welche wie bei den Farren durch den Kanal des Archegoniums bis zur Basalzelle gelangen. Es werden daher nur solche Aussaaten dieser Pflanzen gelingen, wo große und kleine Sporen gemeinsam ausgesäet werden. Bei künstlichen Aussaaten hindert aber noch ein anderer Umstand sehr häufig das Gelingen der Operation. Säet man z. B. die großen und kleinen Sporen der S. denticulata aus, so entwickeln sich die Samenfadenzellen immer viel früher, als die Archegonien am Vorkeim der großen Spore. Daher kommt es, daß solche Aussaaten selten gelingen, wenn nicht lebende Pflanzen dabei stehen, die zu verschiedenen Zeiten ihre großen und kleinen Sporen ausstreuen. In den Gewächshäusern aber findet man in der Nähe lebender Pflanzen sehr häufig keimende Pflänzchen, während die künstlichen Aussaaten nicht gelingen wollen. Nur S. cuspidata keimt durch künstliche Aussaat leicht, was darauf hindeutet, daß hier die Ausbildung beider Organe ziemlich gleichzeitig geschieht.

Wie bei den Farren, wird gemeiniglich an jedem Vorkeim nur ein Archegonium befruchtet. Nach der Befruchtung theilt sich das Keimbläschen in zwei über einander stehende, die Basalzelle vollständig ausfüllende Zellen, wie dieß Fig. 88 h bei sechshundertmaliger Vergrößerung zeigt. Diese beiden Zellrn gehen nun die Weiterbildung zum Embryo in der Weise ein, daß zunächst ein einfacher Zellstrang gebildet wird, an dessen unterm Ende ein Zellkörper entsteht, der später mittelst seitlicher Prolifikation weiter wächst und die junge Keimpflanze darstellt. Auf Fig. 90 a, einem jungen fünfhundert Mal vergrößerten Embryo der S. denticulata erblickt man oben den Zellstrang, in welchem sich die beiden Zellen des Keimbläschens gedehnt haben, der unten die Anfangsbildung zur Keimpflanze trägt.

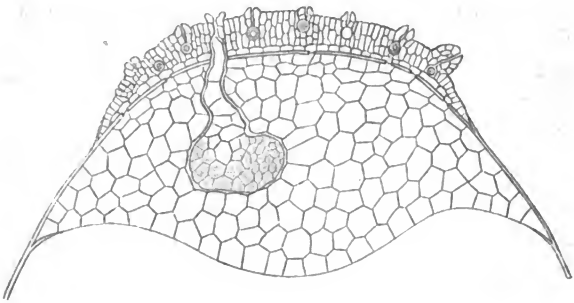
Fig. 90.



Während dieser Vorgänge dringt die junge Keimpflanze in das unter dem Vorkeim gelegene lose Zellgewebe der großen Spore und sackt sich da ein, wie dieß Fig. 91, der zweihundert Mal vergrößerte Durchschnitt eines befruchteten Vorkeims der gleichen Pflanze zeigt. Später erhebt sich aus dem unteren Zellkörper das erste Stengelgebilde (Fig. 90 c, dreißigfach vergrößert), welches aus

Digitized by Google

Fig. 91.



seiner Spitze die zwei ersten gegenständigen Blättchen entwickelt. Hierdurch ähnelt eine keimende Selaginella, der Samenpflanze eines dicotyledonischen Gewächses, nur erhebt sich hier das erste Stengelgebilde mit seinen zwei Blättern unmittelbar aus der großen Spore. Sind zwei Archegonien befruchtet worden, so können sich auch gleichzeitig zwei junge Keimpflanzen aus der gleichen Spore entwickeln, wie dieß Fig. 90 b bei fünffacher Vergrößerung zeigt.

Wir haben mithin die Selaginellen als Pflanzen kennen gelernt, die zweierlei unbefruchte Sporen in besondern Organen erzeugen. Erst durch die Keimung entwickeln sich in den einen die Samenfadenzellen. An den andern aber bildet sich ein Vorkeim und an diesen die Archegonien, welche auf ähnliche Weise wie die Farrenkräuter befruchtet, aus dem in ihrer Basalzelle entstandenen Keimbläschen den Embryo entwickeln. Aehnliche Vorgänge finden sich auch bei den Wurzelfarren. Die ächten Lycopodien, die nur kleine Sporen besitzen, werden sich in ihrer Entwickelung, die jetzt noch unbekannt ist, sehr wahrscheinlich den Farrenkräutern anschließen.

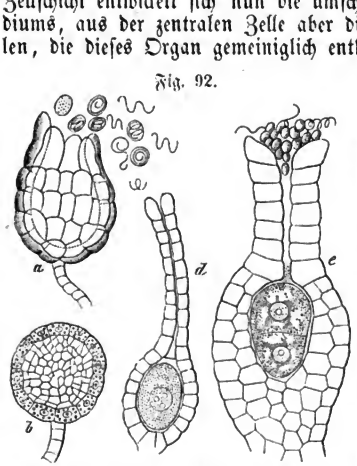
§ 45. Die geschlechtlichen Fortpflanzungsorgane der übrigen Cryptogamen.

Wir haben im Vorhergehenden der Bildung des Embryos aller derjenigen Pflanzen einläßlicher gedacht, welche unter den blüthetragenden Gewächsen, sowie unter den Gefäßcryptogamen wirklich in unseren Gärten zahlreich repräsentirt sind. Bietet nun gleich die Entwickelungsgeschichte der anderen blüthelosen Pflanzen nicht weniger Interesse dar, so liegt es doch nicht im Bereiche dieses Werkes, hierauf näher einzutreten. Seite 66 bis 74 besprachen wir schon die Fortpflanzungsorgane derselben. Hier wollen wir nur noch bemerken, daß die Sporen sehr wahrscheinlich als die geschlechtlichen Fortpflanzungsorgane der andern Cryptogamen zu betrachten sind, wenn gleich die Befruchtung noch nicht überall entdeckt ist.

Digitized by Google

Bei den Mooſen und Lebermooſen, da entſteht das Antheridium (Fig. 42 b) in der Weiſe, daß zunächſt eine Zelle des Stengels in einen zelligen Faden auswächst, der einen zelligen Kopf aus einer zentralen Zelle, umgeben von einer einfachen Zellſchicht, trägt. Aus der äußern Zellſchicht entwickelt ſich nun die umſchließende Membran des Antheridiums, aus der zentralen Zelle aber die Tauſende von Samenfadenzellen, die dieſes Organ gemeiniglich enthält. Fig. 92 b iſt das unreife,

Fig. 92.



vierhundert Mal vergrößerte Antheridium der Jungermannia dilatata vor dem Oeffnen. Fig. 92 a dasſelbe, nachdem es ſich geöffnet, wie die Samenfadenzellen ſoeben aus demſelben austreten. Unter lebhafter Bewegung entwickelt ſich aus demſelben der Spiralfaden.

Die Fruchtanlagen der Mooſe und Lebermooſe, die wir Fig. 42 c und Fig. 43 a b kennen lernten, ſind den Archegonien der Farren und Selaginellen durchaus analoge Gebilde. Sie bilden ſich aus einer einzelnen Zelle des Stengels zunächſt zu einem flaſchenförmigen oder walzenförmigen zelligen Körper aus, der aus einer zentralen Zellreihe, umgeben von einer äußeren Zellſchicht, beſteht. Die unterſte der zentralen Zellreihe iſt bedeutend größer als die über ihr liegenden Zellen, was die Form des Organes bedingt. Gegen die Zeit der Befruchtung hin, werden die Querwände der zentralen Zellenreihe bis zur großen Baſalzelle verflüſſiget und es bildet ſich hiedurch ein offener Kanal bis zur letztern. Kurze Zeit vorher iſt in der Baſalzelle eine freie Zelle (Keimbläschen) entſtanden, welches gegen die Befruchtung hin die große Zelle ganz ausfüllt. Fig. 92 d iſt die dreihundertmalige Vergrößerung eines ſolchen Archegonium (Anlage zur Sporenfrucht) eines Lebermooſes (Riccia) kurz vor der Befruchtung. Der Kanal bis zur Baſalzelle hat ſich gebildet und in dieſer bemerkt man das Keimbläschen. Fig. 92 e iſt das ſechshundert Mal vergrößerte gleiche Organ einer Jungermannia bald nach der Befruchtung, welche mittelſt der durch den Griffelkanal eindringenden Samenfadenzellen bewerkſtelligt wird. Oben ſieht man noch an der ſogenannten Griffelſpitze des Archegonium Samenfadenzellen liegen. Die große Baſalzelle iſt inzwiſchen von dem Keimbläschen ausgefüllt worden und dieſes hat ſich bereits in Folge der Befruchtung in zwei neue Zellen getheilt, aus welchen dann die Sporenfrucht der Mooſe und Lebermooſe hervorgeht. Die Sporen dieſer Pflanzen ſind alſo als die durch Befruchtung entſtandenen Embryonen zu betrachten. Sie bilden

Digitized by Google

beim Keimen gemeiniglich einfache Zellfäden, aus denen sich später das erste Knöspchen entwickelt.

In dieser Weise verhält sich die Bildung des größten Theiles der Moose und Lebermoose, nur ist das Archegonium (Fruchtanlage) nicht immer frei, sondern bei den Lebermoosen bisweilen in die Substanz des Laubes eingesackt.

Auch bei den Charen und manchen Algen bilden sich die Sporen sicher in Folge der Befruchtung mit den Samenfadenzellen aus. So hat Thuret bei einzelnen Algen keimfähige Sporen durch Befruchtung der Sporenmutterzellen mit den Samenfadenzellen erzogen. Die Sporen der Flechten und Algen besitzen eine ziemlich analoge Entwickelungsgeschichte in Mutterzellen. Vielleicht ist das Mycelium der Pilze ein Vorkeim.

§ 46. Erscheinungen, welche den Befruchtungsakt begleiten, Mittel, deren sich die Natur bedient, die Befruchtung zu erleichtern, und künstliche Befruchtung.

A. Erscheinungen, welche den Befruchtungsakt begleiten.

Die Befruchtungsorgane der blüthetragenden Pflanzen (welche wir hier allein berücksichtigen, sobald der blüthelosen Pflanzen nicht besonders erwähnt wird) bilden sich unterm Schutze der Blüthenhüllen aus. Letztere haben mit dem Oeffnen der Blumen ihren Zweck erreicht und können sogar weggenommen werden, sofern dieß ohne bedeutende Verwundung der Blume geschehen kann, ohne daß dadurch die Befruchtung gestört wird. Im Gewächshause, wo die Pflanze vor allen ungünstigen Einflüssen bewahrt werden kann, gelingt sogar die Befruchtung noch, wenn auch die Blumenkrone schon im Knospenzustand weggenommen wird.

Die Wärmeentwickelung, welche den Befruchtungsakt, als den Zeitpunkt der energischesten Thätigkeit der Pflanze begleitet, lernten wir S. 289 bis 290 bereits kennen.

Nektarabsonderung ist eine fernere Erscheinung, die in naher Beziehung zur Befruchtung steht. Sie besteht im Ausfließen eines zuckerreichen Saftes aus besondern Drüsen gemeiniglich während, seltener vor oder nach dem Oeffnen der Blume.

Nach geschehener Befruchtung gleichzeitig mit dem Verwelken der Blume, seltener schon nach dem Verstäuben der Antheren, hört diese Nektarabsonderung auf, oder dauert bei einzelnen Pflanzen, wie bei Strelitzia und Cratægus, auch noch nach Annahme der Befruchtung fort. Es ist somit eine gleichsam vikarirende Thätigkeit, die den reichlich der Blüthe zuströmenden überflüssigen Nahrungssaft ausscheidet, bis nach geschehener Befruchtung alle diese Säfte zur Ausbildung der Samen verwendet werden.

G. Kurr, der sehr ausgedehnte Untersuchungen in dieser Beziehung machte, war der Ansicht, daß die Nektarausscheidung mit der Verstäubung des Pollens in Verbindung stehe; andere wollen die Befruchtung von derselben abhängig machen. Daß jedoch die von uns ausgesprochene Ansicht die richtige ist, beweist der Umstand, daß wenn die Befruchtung durch Kastration verhindert wird, sowohl die Blüthezeit wie Nektar-

Digitized by Google

absonderung länger dauert und letztere erst mit dem Absterben der Blume aufhört.

Der Geruch steht ebenfalls in naher Beziehung zur Nektarabsonderung, indem sich beide entweder ausschließen, oder bei solchen Blumen, welche beide Eigenschaften besitzen, das Ausströmen des Geruches besonders des Abends oder nach warmen Gewitterregen beobachtet wird, während die Nektarabsonderung bei trocknem heißem Wetter ihr höchstes Stadium erreicht und Nachts und bei kühlem nassem Wetter aufhört.

Die Reife der Geschlechtsorgane wird bei den Antheren und Antheridien am Platzen derselben und dem Hervortreten des Pollens oder der Samenfadenzellen erkannt. Da wo eine Blume mehrere Antheren trägt, verstäuben diese nach der Folge ihrer spiraligen Stellung. Bei der Narbe erkennt man die Reife an der größeren Ausbreitung derselben und an dem Ausschwitzen einer klebrigen glänzenden Feuchtigkeit, welche den auffallenden Pollen festhält und zur Schlauchbildung anregt. Die Reife der Archegonien wird durch das Oeffnen des Kanals angedeutet, der zu der Basalzelle führt.

Gemeiniglich tritt die Reife beider Theile durchaus gleichzeitig ein. Besonders merkwürdig ist dieß bei den ein- und zweihäusigen Pflanzen.

Da, wo die Reifezeit beider Organe nicht gleichzeitig eintritt, hat die Natur durch allerlei Vorrichtungen dafür gesorgt, daß die Befruchtung dennoch vor sich gehen kann. Am häufigsten tritt der Fall ein, daß die Antheren in ihrer Zeitigung der Narbe vorauseilen. So platzen z. B. die Antheren schon in den noch nicht geöffneten Blumen der Dionæa, mancher Companulaceen und Gesneriaceen. Hier wird die Befruchtung entweder durch die Antheren von später sich öffnender Blumen bewirkt, oder es ist die Narbe auch in jüngerem Zustande, wenn sie ihre volle Ausbildung noch nicht erlangt hat, schon befruchtungsfähig.

Künstliche Befruchtungen nehmen sogar häufig noch leichter an, wenn sie kurz vor vollständiger Zeitigung der Narbe vorgenommen werden, als wenn dieß erst geschieht, wenn die Energie der Lebensthätigkeit derselben schon wieder sinkt.

Eilt dagegen die Narbe in ihrer Zeitigung der der Antheren voraus, so wird dadurch noch weniger eine Störung eintreten, da eine unbefruchtete Narbe oft mehrere Tage, ja bei bestimmten Temperaturverhältnissen oft ziemlich lange Zeit befruchtungsfähig bleiben kann. Diesen letzteren Fall beobachtet man öfters an zweihäusigen Pflanzen. So waren im Winter 1853 auf 1854 bei der Haselnuß schon um Weihnachten Blüthenkätzchen und Narben soweit ausgebildet, daß die Blüthenkätzchen ins Zimmer gestellt binnen kurzer Zeit ihren Pollen verstäubten. Acht Wochen später fand ich erst einige Antheren verstäubt und sämmtliche Narben noch befruchtungsfähig.

Als äußere Einflüsse, die auf die Befruchtung einen befördernden oder schädlichen Einfluß üben können, nennen wir Licht, Luft, Wärme, Wasser.

Digitized by Google

Licht und freier Zutritt der atmosphärischen Luft erhöhen im Allgemeinen die Konzeptionsfähigkeit. Unter ihrem Einfluß öffnen sich die im Dunkeln sonst geschlossen bleibenden Blumen unserer Winde (Ipomœa) und anderer Convolvulaceen, der Gräser, Drosera u. s. f., worauf die Befruchtung vor sich geht. Es gibt hiervon jedoch manche Ausnahme, da bei einigen Wasserpflanzen, Campanulaceen ꝛc., die Befruchtung auch in der geschlossenen Blume vor sich gehen kann. Arachis hypogœa blühet unter der Erde und reift da ihre Samen. Auch Koelreuter erzählt Fälle, wo ihm die Befruchtung in einem durchaus dunkeln Zimmer gelang. Zutritt frischer Luft und eine etwelche Zirkulation derselben ist der Befruchtung immer günstig, was bei den Treibereien besonders zu berücksichtigen ist.

Das Maß der Wärme, welches zur vollkommenen Befruchtung nothwendig, ändert nach dem Vaterlande der Pflanzen. Pflanzen, die aus den Tropen stammen, setzen nur unter dem Einfluß hoher Temperaturgrade Samen an, und bei denen kälterer Zonen, wie beim Gedenkemein, hindern hohe Temperaturgrade die Befruchtung. Diese Erscheinungen sind bei unseren zahlreichen Kulturpflanzen ganz allgemein. Sie erklären sich daraus, daß die Zeit der Befruchtung zugleich der Zeitpunkt ist, wo das Leben der Pflanze auf den höchsten Grad potenzirt ist. Die Befruchtung wird daher dann immer am vollkommensten vor sich gehen, wenn auch die Wärmegrade der Art sind, wie sie der Natur der Pflanze am angemessensten. Zu hohe Wärmegrade, allzu nahrhafter Boden bedingen abnormes, mehr auf die Blattbildung gerichtetes Wachsthum, das Ansetzen von weniger Blumen und geringeres Ansetzen von Samen, weil die zur Ausbildung der Geschlechtsorgane bestimmten Nahrungstheile der Blatt- und Stengelbildung zugeleitet werden.

Am bekanntesten ist der nachtheilige Einfluß von zu viel Feuchtigkeit auf die Ausbildung der Blumen. Landleute und Gartenfreunde wissen recht wohl, daß zur Blüthezeit lang andauernder Regen die Aussicht auf eine Obst- und Getreideernte vernichtet, wie dieß in den letzten Jahren öfters der Fall war. Bei den zarteren Gewächsen der Gärten tritt dieß in noch höherem Grade ein. Am empfindlichsten sind in dieser Beziehung die Kompositen, wo das Wasser in den Blüthenköpfen aufgesammelt wird. Das Mißrathen der Samenernten vom Kopfsalat, den chinesischen Astern in den letzten Jahrgängen liefert hierzu den Beleg. In Treibbeeten und Gewächshäusern spritzt man daher während der Blüthezeit nur sehr vorsichtig und lüftet fleißig, um den Pflanzen eine trocknere bewegtere Luft zuzuführen.

Die Gründe dieser Erscheinung sind darin zu suchen, daß in Folge anhaltender Nässe die Antheren gar nicht aufspringen und ihr Pollen verdirbt, ohne verstäuben zu können. Durch zu viel Nässe wird ferner eine wässerigere, mehr der Laubbildung zugeleitete Entwickelung bedingt, die an und für sich schon das Ansetzen des Samens verhindert. Ob endlich der Pollen durch Aufsaugung von zu viel Feuchtigkeit immer platzt und die Fähigkeit, Schläuche zu bilden, verliert, wie die Physiologen großen-

Digitized by Google

theils annehmen, ist mir zweifelhaft, denn wenn die Blüthezeit noch nicht vorüber und nach anhaltendem Regenwetter nur ein einziger heller sonniger Tag oder selbst nur halber Tag eintritt, dann findet das Verstäuben noch ganz normal statt, und die Befruchtung ist gesichert. Würde in Folge des Uebermaßes von Feuchtigkeit ein Platzen des Pollens eintreten, so wäre dieß nicht möglich. Näsſe scheint daher vorzüglich nur das Nichtverstauben und in Folge dessen Unfruchtbarkeit der Phanerogamen zu bedingen.

Bei den Cryptogamen hat sie dagegen gerade den umgekehrten Einfluß. Diese Pflanzen fruktifiziren großentheils gerade während der nassen Jahreszeit. Das Wasser ist der Träger der schwärmenden Samenfadenzellen und vermittelt das Eintreten derselben in die Archegonien.

B. Einrichtungen, deren sich die Natur zur Erleichterung der Befruchtung bedient.

Es fällt hier zunächst das Stellungsverhältniß in Berücksichtigung. Am leichtesten geht die Befruchtung in Zwitterblumen vor sich, wo die Antheren und Narbe in ziemlich gleicher Höhe neben einander oder die Antheren etwas über der Narbe stehen. Erschwert schon wird das Auffallen des Pollens auf die Narbe, wenn die Letztere über die Antheren hinausragt. In diesem Falle vermitteln verschiedenartige Einrichtungen die Befruchtung, so die nickende Stellung der Blumen, wie bei der Kaiserkrone und vielen anderen Liliaceen, Borragineen ꝛc. Bei anderen war zur Zeit der Befruchtung die Stellung der Narbe gleich hoch oder kürzer als die der Antheren und die Verlängerung des Griffels fand erst nachträglich statt. So bei den meisten Pflanzen mit verwachsenen Antheren, wie bei den vielen Campanulaceen, Compositen, Proteaceen und Gesneriaceen. In der Gruppe der Gattungen der Treviranien der letzteren Familie tritt die Reifezeit der Antheren oft schon in der geschlossenen Blume ein. Der Griffel ist dann noch kürzer als die Staubfäden. Durch späteres Wachsthum verlängert er sich immer mehr, wächst an den aufgesprungenen Antheren vorbei, wobei die Narbe befruchtet wird, und dann rollen sich die Staubfäden ein und ziehen sich mit den entleerten Antheren in den Grund der Blume zurück.

Aehnliche Verhältnisse finden bei anderen röhrigen Blumen statt, so wird die Narbe durch die Form der Blume bei den Lippenblumen an die Antheren gepreßt. Bei den Borragineen platzen die Staubbeutel ebenfalls noch in der geschlossenen Blume. Unter den Kronenlappen über die Narbe gebeugt vollziehen sie die Befruchtung. Nun öffnet sich die Blume, die Staubbeutel folgen den auseinandertretenden Kronenlappen und die Befruchtung könnte nicht so leicht mehr vor sich gehen. Aehnlich verhalten sich manche Myrtaceen, so die Leptospermen. Bei einigen Gattungen der Epacrideen, so bei der Fœbelia, Styphelia ꝛc. tragen die hakenförmig gekrümmten Blumenkronenlappen unter der Spitze einen kammförmigen Büschel steifer Haare. In der klappigen Lage des Knospenzustandes liegt dieser Haarbüschel unmittelbar unter den Staubbeuteln.

Digitized by Google

Beim Oeffnen der Blumen streift derselbe von den inzwischen geplatzten Antheren den Blüthenstaub ab, passirt damit an der Narbe vorbei und befruchtet diese. — Seltener tritt der Fall ein, daß die Staubfäden sich nachträglich verlängern und an der Narbe vorbei passirend diese befruchten, wie bei Hyoscyamus. Bei wieder anderen Pflanzen, wie bei den nelkenartigen Pflanzen, deren Blumen sich des Nachts schließen, wird diese Eigenschaft das Mittel, um Staubbeutel und Narbe mit einander in Berührung zu bringen.

Zu den auffallendsten Erscheinungen gehören die Bewegungen, welche die Staubfäden nach den Narben machen, oder die letzteren nach jenen, wobei der Pollen entleert wird. Da diese Bewegungen regelmäßig nach der spiraligen Anordnung erfolgen, so erklärten wir sie schon früher als eine Folge der fortschreitenden Entwickelung der Blume. Die große Kapuzinerkresse (Tropæolum majus) richtet von den abwärts gebogenen Staubfäden einen nach dem andern auf, entleert den Pollen auf die Narbe und kehrt dann in die frühere Stellung zurück. Von Parnassia palustris erzählt schon Linné, daß die abstehenden Staubfäden sich einer nach dem andern in ähnlicher Weise über die Narbe beuge. Aehnlich verhalten sich Geranium, Kalmia und Ruta gravelens. Bei Saxifraga tridactylides, muscoides, Aizoon, granulata und Cotyledon wurden ähnliche Bewegungen gleichzeitig von je zwei gegenüberstehenden Staubfäden beobachtet. Bei Nicotiana nähern sich alle Staubfäden gleichzeitig der Narbe. Endlich kommt es bei Nigella, Passiflora und und einigen Lilien vor, daß die Griffel sich den Staubfäden nähern, oder daß, wie bei manchen Malvaceen, von beiden Seiten diese Bewegung gemacht wird.

Die Reizbarkeit der Staubfäden von Berberis besprachen wir schon S. 299. Bei Parietaria serpillifolia, wenn sie während der Blüthezeit benetzt wird und dann in der Sonne abtrocknet, öffnen sich bekanntlich die kleinen Blumen plötzlich und schleudern zugleich den Staub aus den Antheren, so daß man sie deßhalb Explosionspflanze genannt hat. Im Knospenzustande sind die Staubfäden derselben knieförmig zusammengelegt und das schnelle Abtrocknen bedingt dann jene Erscheinung.

Sehr nützlich für die Ausführung der Befruchtung erweisen sich auch die Insekten, und unter diesen besonders die des Bienengeschlechtes. Diese besuchen vorzüglich Blumen der gleichen Art und kriechen, um Nektar oder auch den Blumenstaub zu sammeln, in die Blume hinab. Dabei streifen sie mit ihren haarigen Körpern den Pollen ab und bringen ihn so auf die Narbe der gleichen Blume oder anderer Blumen der gleichen Pflanzenart. Die Aristolochien, viele Orchideen, Asclepiadeen und mehrere Cucurbitaceen gelten für Pflanzen, die ohne Mithülfe der Insekten keine Frucht ansetzen. Die einläßlichsten Beobachtungen in dieser Beziehung machte C. C. Sprengel, schlägt aber die Nützlichkeit der Insekten in Bezug auf Befruchtung zu hoch an.

Ein ungleich wichtigerer Träger für den kleinen ausgestreuten Blü-

Digitized by Google

thenstaub sind die Strömungen der atmosphärischen Luft. Eine milde bewegte Luft befördert das bessere Fruchtansetzen unserer Kulturpflanzen aller Art; unter dem Einfluß derselben verstäuben die Antheren und die Luft trägt den Pollen oft auf weite Strecken fort. Die einhäusigen und zweihäusigen Pflanzen, wie die Nadelhölzer und kätzentragenden Pflanzen, sind fast einzig auf diese Art der Befruchtung angewiesen. Sie produziren eine solche ungeheure Menge von Pollen, daß zur Zeit der Blüthe ein leichter Stoß genügt, um ganze Staubwolken desselben in der Luft zu verbreiten. Der sogenannte Schwefelregen und die Blüthe des Wassers entsteht durch den Pollen dieser Pflanzen, der oft auf weite Entfernungen vom Winde fortgeführt werden kann. — Lyngbye erzählt von einem solchen Schwefelregen, der zur Frühlingszeit in Copenhagen fiel. Die Masse des mit dem Regen niederfallenden Blüthenstaubes war sehr groß, und doch mußte er, nach der Richtung des Windes zu urtheilen, aus den Wäldern Mecklenburgs und Pommerns übers Meer dahin getragen worden sein. Auch andere Beobachtungen haben es häufig bestätigt, daß zweihäusige einzelstehende Pflanzen von den entfernten männlichen auf diese Weise auf weite Strecken hin befruchtet wurden. Insekten können es in diesem Falle nicht wohl sein, da sie zu der frühen Epoche der Blüthezeit dieser Pflanzen noch ziemlich selten sind.

Endlich wollen wir noch einen flüchtigen Blick auf die Einrichtungen werfen, welche dazu bestimmt erscheinen, den nachtheiligen Einfluß des Wassers während der Befruchtung zu paralellisiren. Eine der einfachsten Vorrichtungen dieser Art ist das Ueberhängen der Blumen oder ganzer Blüthenstände. Andere Pflanzen werden schon vor dem Oeffnen der Blumen befruchtet und bei wieder andern geht die Befruchtung unter besondern Hüllen vor, so bei den Schmetterlingsblumen unter dem Schutze der Fahne, bei den Lippenblumen unter dem der Oberlippe, bei manchen Myrtaceen (Eucalyptus) unter einem deckelförmigen Kelche ꝛc.

Besonders interessant sind die Einrichtungen zu diesem Zwecke bei den Wasserpflanzen. Einige wenige derselben, wie die Lemna- und Pistia-Arten, schwimmen immer auf dem Wasser. Die meisten leben jedoch in dem Schlammboden der Sümpfe, Teiche, Seen, Flüsse. Ein Theil dieser, wie die Nymphæen, Potamogeton, Limnocharis, Villarsia u. a., verlängern ihre Stengel und die Stiele der Blätter so lange, bis sie von den zahlreichen Luftbehältern im Innern getragen auf die Oberfläche des Wassers emporgetragen werden. An der weißen Seerose (Nymphæa alba) wollte Linné die Beobachtung gemacht haben, daß sich Abends deren Blumen schlössen und untertauchten, um des Morgens wieder übers Wasser hervorzutreten. Es ist dieses jedoch nicht der Fall, ward aber von vielen Schriftstellern nacherzählt.

Die Utricularien, die in den Sümpfen Europa's und Amerika's leben, besitzen zwischen den Lappen ihrer Blätter Blasen (Fig. 11 e), welche Schleim enthalten. Durch eine Art von Deckel tritt dieser kurz vor der Befruchtung aus, die Blasen füllen sich mit Luft und tragen

Digitized by Google

die ganze Pflanze an die Oberfläche des Wassers, wo sie bis nach vollendeter Befruchtung umherschwimmen, um dann wieder auf den Boden des Wassers herabzusinken. Bei der Wassernuß (Trapa natans) und Pontederia crassipes sind es blasig angeschwollene Blattstiele, welche einen ähnlichen Zweck haben.

Wieder andere Pflanzen, wie Stratiotes aloides, steigen sammt ihren Wurzeln zur Zeit der Blüthe an die Oberfläche. Von besonderm Interesse ist die die Gewässer des südlichen Frankreichs bewohnende Vallisneria spiralis. Von ihren getrennt geschlechtlichen Blumen stehen die weiblichen auf langen spiralig gerollten Blattstielen, während die männlichen in einer kurzgestielten Scheide beisammensitzen. Zur Zeit der Blüthe steigt die weibliche Blume an die Oberfläche des Wassers, die männlichen entleeren aber ihren Blumenstaub unter dem Wasser. Dieser erhebt sich übers Wasser und schwimmt da umher, bis er zur weiblichen Blume gelangt. Aehnlich verhält sich die in Ostindien lebende Serpicula, nur reißen hier die männlichen Blumen vor dem Aufblühen los und treten an die Oberfläche des Wassers, wo sie sich öffnen und auf dem ausgebreiteten Kelche so lange umherschwimmen, bis sie zu den weiblichen Blumen gelangen. Nach de Candolle's Beobachtungen sollte sich Vallisneria ähnlich verhalten.

Die kleine Aldrovanda lebt unbemerkt auf dem Boden der süd- und mitteleuropäischen Gewässer. Zur Zeit der Blüthe werden die Blüthenstengel derselben durch einen eigenthümlichen, mit Luft gefüllten Anhängsel losgerissen und auf die Oberfläche des Wassers getragen, wo sie blühen und Frucht ansetzen.

Endlich gibt es noch eine Zahl Wasserpflanzen, deren Blüthenknospen sich vor dem Aufblühen mit Luft füllen, die Befruchtung geht vor sich und nun öffnen sie sich erst. So Zostera, Najas, Ceratophyllum, Subularia, auch Zanninchellia, Ruppia und Ranunculus aquatilis zeigen diese Eigenschaft zuweilen.

c. Künstliche Befruchtungen.

Wenn in der freien Natur Insekten und Luftzug mit einander wetteifern, die Befruchtung mancher Pflanzen zu erleichtern, so fehlen in der Kultur sehr häufig derartige erleichternde Bedingungen oder durch veränderten Standort, unnatürlich üppige Entwickelung ꝛc., wird überhaupt das Ansetzen von Samen oder die normale Ausbildung der Geschlechtstheile gestört. Bei werthvollen Pflanzen, deren Fortpflanzung entweder nur oder doch hauptsächlich nur auf die durch Samen beschränkt ist, hat daher der Gärtner die Aufgabe, auf die Vollziehung der Befruchtung, durch natürliche und künstliche Mittel einzuwirken.

Im § 25 b 3 und an andern Orten besprachen wir schon diejenigen Mittel, welche zur Beförderung der normalen Blüthebildung anzuwenden sind, wie Einhaltung der Ruhezeit, Entziehung von Nahrung bei zu üppigen Pflanzen, Anlegen von Drähten, Ringelschnitte, normaler Zutritt von Licht und Luft ꝛc.

Digitized by Google

Bei manchen schwierig Samen ansetzenden Pflanzen kann die Ausbildung von Samen oft dadurch erreicht werden, daß man den Blumen nach vollendeter Befruchtung in der Weise mehr Nahrung zuleitet, daß die noch in der Entwickelung begriffenen Blumen bis auf eine geringe Zahl der bereits befruchteten weggeschnitten werden, — oder daß man einen Theil der Zweige wegschneidet und dieß namentlich in Betreff aller neben den Blumen sich entwickelnder junger Zweige thut. So kann z. B. die Camellie dadurch zum Samenansetzen veranlaßt werden, daß man die neben den Blumen stehenden Achselknospen wegschneidet. Besonders wichtig ist ein solches Aus- und Wegschneiden alles Ueberflüssigen bei künstlichen Befruchtungen, die behufs der Erzeugung neuer Formen durch gegenseitige Befruchtung verschiedener Typen vorgenommen werden, denn solche Befruchtungen nehmen an und für sich schon schwerer an.

Das wichtigste Mittel, das Ansetzen von Samen von allen Zufälligkeiten unabhängig zu machen, ist in der Hand des Gärtners, das künstliche Auftragen des Pollens auf die Narben. Zur Erzielung von Bastarden ist es sogar das einzige sichere uns zu Gebote stehende Mittel. Bei ein- und zweihäusigen Pflanzen, bei denen die Befruchtung im Gewächshause und Treibbeete fast nie von selbst von statten geht, da soll der einsichtige Pflanzenkultivateur hierdurch nachhelfen. Unter unseren gewöhnlichen Kulturpflanzen wollen wir in dieser Beziehung z. B. an die Melonen und Kürbis erinnern, die künstlich befruchtet stets früher und dankbarer ansetzen. Die einfache Manipulation, die männliche Blume zur Zeit, wenn deren Antheren gerade geplatzt sind, abzuschneiden und mittelst Betupfens den Pollen auf die Narbe zu bringen, genügt hier vollständig, um das sonst zweifelhafte Ansetzen schon bei den ersten der sich öffnenden weiblichen Blumen zu erzwingen. Und wie selten geschieht dieß noch! Die Palmen setzen, ebenfalls sich selbst überlassen, im Gewächshause nur höchst selten Samen an, wenn gleich männliche Exemplare ganz in der Nähe der weiblichen Pflanzen stehen. So setzt die in Gewächshäusern so leicht blühende Chamædorea Schiedeana nur dann Samen an, wenn man mit den männlichen Blüthenständen die weiblichen bestäubt, oder wenn man sie zwischen jene bindet. Die Orchideen, die Strelitzien, jene halbgefüllten Blumen, die noch gut ausgebildeten Griffel, aber fehlgeschlagene Staubfäden besitzen und viele andere, die am natürlichen Standort durch Insekten und Luftzug befruchtet werden, oder deren Befruchtungsorgane durch lang fortgesetzte Kultur und Vermehrung durch Stecklinge mangelhaft ausgebildet, zeigen die gleichen Eigenschaften.

Das Auftragen des Pollens soll im Allgemeinen nur dann geschehen, wenn Pollen und Narbe zeitig sind, oder doch nur kurze Zeit vor der Zeitigung der Narbe, also im Allgemeinen kurze Zeit nach dem Aufblühen oder vor dem Aufblühen der Blumen. Auf die Wahl der Tageszeit, wenn dieß geschehen soll, kommt nach meinen Beobachtungen nichts an, doch sind die späteren Morgenstunden von 8 bis 11 Uhr gemeiniglich

Digitized by Google

deßhalb die geeignetsten, weil auf diese Zeit bei der Mehrzahl der Pflanzen das Aufblühen fällt und kurz nach dem Aufblühen die Antheren platzen und der Pollen am besten gesammelt werden kann, während des Nachmittags aber oft schon verstäubt ist. Pflanzen, die von Regen oder Spritzen naß, muß man erst abtrocknen lassen, bevor man Pollen von denselben behufs der Befruchtung nehmen kann. Wenn Pollen und Griffel der zu befruchtenden Pflanzen nicht gleichzeitig reifen, besonders wenn man Bastardbefruchtungen zwischen nicht gleichzeitig blühenden Pflanzen vornehmen will, dann muß der Pollen, mit dem die Befruchtung vorgenommen werden soll, vorsichtig gesammelt und bis zur Verwendung in einer Papierkapsel oder auch wohl zwischen Staniol an einem durchaus trockenen, aber kühlen Orte aufbewahrt werden. Mir gelangen von derartigen aufbewahrten Pollen noch vier Wochen später vorgenommene Befruchtungen. Wie lange derselbe seine Befruchtungsfähigkeit behält, darüber fehlen jedoch noch genau kontrollirte Versuche. Zum Auftragen des Pollens nimmt man am besten ein kleines spitzes Hölzchen, oder man faßt bei Befruchtungen, die sogleich vorgenommen werden, mit einer Pincette die Anthere, reißt sie vorsichtig, ohne den Pollen zu verstäuben, ab, und betupft mit ihr das zu befruchtende Pistill. In den Handbüchern wird zu diesem Zwecke gewöhnlich ein Pinsel anempfohlen. Damit arbeitet man aber ohne Sicherheit und er dient nur denen, die solche Befruchtungen aufs Gerathewohl vornehmen, ohne recht zu wissen, was sie machen und wohin sie den Pollen bringen müssen.

Beabsichtigt man Bastarde zwischen verschiedenen Pflanzenarten zu erziehen, so müssen solche Befruchtungen mit der größten Vorsicht vorgenommen werden, wenn man auch mit Sicherheit arbeiten will. Zunächst müssen alle Vorkehrungen getroffen werden, welche zur leichtern Annahme einer Befruchtung empfohlen wurden. Ferner muß die zu befruchtende Pflanze von allen blühenden Pflanzen und Formen der gleichen Art sorgfältig entfernt und ganz isolirt an einen passenden lichten Ort gestellt werden, so daß eine zufällige Befruchtung durchaus nicht vorkommen kann. Sobald die Blüthenknospen dem Aufbrechen nahe, werden diese künstlich geöffnet und sämmtliche Antheren entfernt, bevor diese noch geplatzt. Bei manchen Pflanzen, wie z. B. bei den Calceolarien, die ihre Antheren schon frühzeitig in der noch geschlossenen Blume öffnen, muß dieses sogar mehrere Tage vor dem Oeffnen geschehen.

Werden diese Vorsichtsmaßregeln nicht mit der exaktesten Genauigkeit befolgt, so kommen gemeiniglich Selbstbefruchtungen vor und anstatt des gehofften Bastardes erzieht man aus dem geernteten Samen die gleiche Pflanze. Denn überall da, wo nur eine geringe Quantität des eigenen Pollens auf die Narbe gelangt, überwiegt dieser so, daß eine Befruchtung mit Pollen einer anderen Pflanze nicht mehr annimmt. Dieß ist auch der Grund, weßhalb in der freien Natur verhältnißmäßig nur wenig Bastarde vorkommen.

Digitized by Google

§ 47. Pflanzenbastarde und deren Bedeutung für die systematische Botanik und Gärtnerei.

Bradley sprach es zuerst im Jahre 1726 aus, daß es Pflanzenbastarde gebe, und erwähnte eines Bastardes zwischen Dianthus barbatus und Caryophyllus, sowie er auch schon die Varietäten der Aurikel durch Bastarderzeugung erklärte. 1761 und 1763 folgten sodann die so berühmt gewordenen Schriften Koelreuter's über Pflanzenbastarde, in denen derselbe seine Beobachtungen mit solcher Treue und Wahrheitsliebe niederlegte, daß sie noch heutzutage ihre volle Gültigkeit haben. Nach ihm machte A. Knight die einläßlichsten Untersuchungen über Bastarderzeugung, und in neuerer Zeit brachte A F. Wiegmann durch seine unglücklicher Weise gekrönte Preisschrift nur Verwirrung in die Lehre von der Bastarderzeugung, denn er ging bei seinen Versuchen nichts weniger als mit der gehörigen Vorsicht zu Werke und benutzte viele zweifelhafte Arten oder selbst nur Abarten zu denselben. Hieraus erklären sich seine von andern Beobachtern so durchaus verschiedenen Resultate. Dagegen trat C. F. Gärtner mit einer ganzen Reihe schöner Versuche würdig in Koelreuter's Fußstapfen; nur schade, daß das große Werk, welches er in dieser Beziehung schrieb, so schwer zu benutzen ist und man sich durch einen ganzen Wust von Ballast durcharbeiten muß, um einen Einblick zu erhalten. Zahlreich endlich sind die in neuerer Zeit mit mehr oder weniger Geschick von den tüchtigsten Gärtnern Deutschlands, Englands und Frankreichs erzogenen Gartenbastarde. Leider konnte die Wissenschaft aus denselben nur wenig Gewinn ziehen, da hier viel zu wenig zwischen wirklichen Bastarden, zwischen guten Arten und zwischen Formen der gleichen Art erzogenen Mischlingen unterschieden ward, soudern schlechtweg jede durch künstliche Kreuzung erzogene Form mit dem Namen eines Bastardes belegt ward.

Der Verfasser, welcher einerseits den hohen Werth, welchen die Erziehung von Bastarden für den praktischen Gartenbau hat, schon lange in seinem ganzen Umfange erkannte und andererseits die Erziehung solcher Bastarde auch in Bezug auf die systematische Botanik nichts weniger als für eine nutzlose Spielerei erachtete, beschäftigt sich seit bereits dreizehn Jahren mit diesem Gegenstande und veröffentlichte seine Beobachtungen hierüber in der Botanischen Zeitung, in der Schweizerischen Zeitschrift für Gartenbau, in der Gartenflora und in der Bomplandia.

In allerneuerster Zeit machte endlich Wichura sehr werthvolle Beobachtungen in Bezug auf künstliche Erziehung von Bastarden zwischen den Weiden, und Dr. Klotzsch gab vor Kurzem eine Schrift über Bastarde und Mischlinge heraus. Die Letztere, in welcher der geistvolle Verfasser, von einzelnen guten Beobachtungen ausgehend, aber alle anderen Beobachtungen als werthlos übergehend, mehrere unrichtige Schlüsse in Betreff der Bastarderzeugung machte, werden wir noch besonders berücksichtigen.

Für die systematische Botanik gab Nägeli's Schrift über die Cirsien den ersten Fingerzeig, in welcher Weise die beschreibende Botanik die Bastarde zu berücksichtigen hat, und Wimmer bearbeitete in ähnlicher aus-

Digitized by Google

gezeichneter Weise die in dieser Beziehung so schwierige Gattung der Weiden.

Nach diesen einleitenden Bemerkungen wollen wir nun das Resultat der verschiedenen Versuche in diesem gegenwärtig durchaus noch nicht genügend ausgebautem Gebiete in allgemeinen Sätzen zusammenstellen und zu diesen die nöthigen Erläuterungen geben.

1. Bastarde zwischen wirklichen Arten entstehen um so leichter, je näher diese mit einander verwandt sind. Zwischen verschiedenen Gattungen sind Bastarde selten. Die durch gegenseitige Befruchtung mit Formen der gleichen Art erzogenen Formen haben nicht den Anspruch, als Bastarde bezeichnet zu werden, sondern erhalten den Namen Mischlinge. Sie können mittelst jeder künstlichen Befruchtung sehr leicht erzogen werden.

Nur durch die Befruchtung zweier spezifisch verschiedener Arten entsteht der Bastard. Fälschlich bezeichnet der Gärtner auch die zwischen Formen der gleichen Art durch gegenseitige Befruchtung erhaltenen neuen Formen als Bastard. Diese bilden jedoch nur die Vervollständigung des Formenkreises, in welchem die Art sich bewegen kann. Da jedoch bei manchen unserer vielgestaltigen Kulturpflanzen noch ein anderes Moment mit zu berücksichtigen ist, auf welches wir später näher eintreten wollen, so ist der von Dr. Klotzsch vorgeschlagene Name „Mischling“ für alle jene mittelst künstlicher Befruchtung erzogenen neuen Formen zwischen zweifelhaften Arten und Varietäten der zweckmäßigste.

Die künstliche Befruchtung zwischen Varietäten gelingt im Allgemeinen eben so leicht, als die mit dem eigenen Pollen, weßhalb man auch keine besondern Vorsichtsmaßregeln dabei zu ergreifen hat. Ja es genügt gemeiniglich hier schon, die verschiedenen Varietäten zwischen einander zu stellen, und wenn dieß im Gewächshaus geschieht, während der Blüthe für Luftzug und den Zutritt der Insekten zu sorgen. Auf diese Weise erzieht man aus dem geernteten Samen wieder eine Menge neuer Spielarten. Wir wollen in dieser Beziehung nur an die Dahlien, Calceolarien, Cinerarien, Petunien, Levkoyen, chinesische Astern und eine Masse anderer Florblumen erinnern, denen sich in dieser Beziehung unter den Nutzpflanzen die unter sich verwandten Obstsorten, Gemüse, Bohnen, Getreide ꝛc. anschließen. Dem Samenzüchter ist dieses wohl bekannt, denn liegt ihm daran, einzelne Formen möglich konstant durch den Samen fortzupflanzen, so pflanzt er sie durchaus von einander getrennt, damit sie sich nur mit ihrem eigenen Pollen befruchten können. Wir wollen in dieser Beziehung nur an die Bohnen, an Runkelrübe und Rothrübe, an die Kohlarten und unsere Florblumen erinnern, welche sorgfälig von einander getrennt behufs des Samenbaues angepflanzt werden müssen, wenn man aus dem gewonnenen Samen nicht ein Gemenge der verschiedenartigsten Mittelformen erhalten will.

Ein anderes ist es bei der Erziehung von wirklichen Bastarden

Digitized by Google

zwischen Arten. Hier gibt es allerdings ebenfalls Gattungen, unter deren Arten auch wirkliche Bastarde ziemlich leicht erzogen werden können. Als solche erprobten Koelreuter und Gärtner die Gattungen Digitalis, Nicotiana und Verbascum. Unter unseren wildwachsenden Pflanzen ist die Bastardbildung in den Gattungen Salix, Cirsium, Hieracium, Gentiana am bekanntesten; die weitere Untersuchung wird aber zeigen, daß auch unter den anderen noch viele sogenannte Mittelformen oder zweifelhafte Arten durch Bastarderzeugung zu erklären sind. In unseren Gärten sind durch theilweise, wohl zufällige gegenseitige Befruchtung zwischen vielen Arten der Gattungen Cuphea, Begonia, Fuchsia, Pelargonium, Gloxinia, Phlox, Calceolaria, Erica, Petunia, Tropæolum ꝛc. so zahlreiche Bastarde und Zwischenformen erzeugt worden, daß es sehr schwer hält, die ursprünglichen Grundtypen noch zu erkennen. Besonders auffallend ist die Leichtigkeit, mit der sich Bastarde bilden, bei der Gattung Aquilegia. Man pflanze hier nur die wirklich gut unterschiedenen Arten derselben neben einander, ernte den Samen und säe diesen wieden aus, so erhält man ein eigentliches Gemenge von verschiedenen Formen, am seltensten aber die typische Art wieder. Selbst Aquilegia canadensis, glandulosa, Skinneri verbastardiren sich auf diese Weise ganz von selbst mit unserer Aquilegia vulgaris.

Dagegen gelingt es bei andern Gattungen durchaus nicht so leicht, Bastarde zwischen deren Arten zu erzeugen. So experimentirte ich drei Jahre lang durchaus erfolglos, bevor es mir gelang, den ersten Bastard zwischen den Arten der Gattung Trevirania zu erziehen. Allerdings erhielt ich wohl bei diesen ersten Versuchen etwas keimfähigen Samen, allein dieser lieferte die gleiche Art oder nur leichte Abarten. Später überzeugte ich mich, daß die befruchteten Blumen nicht frühzeitig genug geöffnet und ihnen die Antheren ausgeschnitten worden waren, in Folge dessen eigener Pollen influiren konnte. Später ist mir dieß nur selten vorgekommen, aber es liefert dieß den Beweis, wie sorgfältig die Einwirkung auch nur der geringsten Portion des eignen Pollens vermieden werden muß, wenn man ein einigermaßen sicheres Resultat erhalten will, denn eine mit dem eigenen Pollen schon befruchtete Narbe, nimmt die Befruchtung mit dem Pollen anderer Arten nicht mehr an und wenn auch noch ganz bedeutende Quantitäten auf die Narbe gebracht werden. Außerdem sind solche unvorsichtig angestellte Versuche z. B. von Wiegmann zu seinen falschen Folgerungen, oder auch wohl ähnliche Verhältnisse zu jenen Schlüssen auf Samenbildung ohne Befruchtung benutzt worden.

Endlich gibt es auch noch viele durchaus natürliche Gattungen, zwischen deren Arten die Bastardbefruchtung noch nicht gelang. Bastarde zwischen verschiedenen Gattungen sind selten. So erzählt Gärtner, daß ihm wohl die Befruchtung zwischen Nicotiana und Petunia, sowie zwischen Lychnis und Cucubalus angenommen habe, daß sich aber sämmtliche Samen als unkeimfähig erwiesen hätten. Aehnlich ging es mir mit vielen Befruchtungsversuchen zwischen verschiedenen Gattungen der Ges-

Digitized by Google

neriaceen, doch gelang mir andrerseits die zwischen anderen vollkommen, so die zwischen Diastema und Trevirania, zwischen Tydæa und Sciadocalyx, zwischen Plectopoma und Trevirania, zwischen Naegelia und Tydæa u. a. m. — Jedem, der sich mit derartigen Versuchen beschäftigt hat, wird die eben angeführte Thatsache ziemlich häufig vorgekommen sein, daß er eine Menge anscheinend gut ausgebildeter Samen in Folge solcher Befruchtungen erhielt, von denen jedoch keine keimten. Es kommt dieses besonders häufig vor, wenn durch Einfluß eines zweckmäßigen Schnittes nicht möglichst viel Nahrung, den in der Ausbildung begriffenen Samen zugeführt wird. So kam es mir z. B. früher wiederholt bei Befruchtungen zwischen Sinningia guttata mit Gloxinien vor, während später unter geeigneten Vorsichtsmaßregeln keimfähige Samen erhalten wurden. Im letzten Jahre lieferte mir z. B. die Befruchtung zwischen Alonsoa Warscewiczii mit Alonsoa grandiflora ausgebildete, aber durchaus unkeimfähige Samen. Es scheint in diesen Fällen die Befruchtung wohl vor sich zu gehen, die Affinität der Arten aber so gering zu sein, daß die weitere Ausbildung des keimfähigen Embryos unterbleibt, wenn nicht der Bildungstrieb der Pflanze vornehmlich der Ausbildung der Samen zugeleitet wird.

Auch das muß hier noch erwähnt werden, daß zwischen Arten, wo sich Bastarde überhaupt leicht bilden, in einer einzigen Kapsel oft eine Masse keimfähiger Samen sich entwickelt, während da, wo sich Bastarde nur schwerer bilden, oft nur eines oder wenige Samenkörner von vielen sich keimfähig erweisen. Besonders häufig ist dieß, wenn Bastarde mit anderen als den elterlichen Arten befruchtet werden. Daher kommt es, daß man von den besten derartigen Erzeugnissen meist nur eine oder einige wenige Pflanzen erzieht, von anderen aber zugleich ganze Massen in allen ihren Eigenschaften ähnliche. Auch der Fall kommt vor, daß in der gleichen Frucht sich durch Einfluß verschiedenen Pollens Samen bilden können, die die gleiche Art, und solche, die den Bastard darstellen.

Die Thatsache endlich, daß der eigene Pollen den stets vorwiegenden Einfluß zeigt und daß die Befruchtung verschiedener Arten unter einander um so leichter annimmt, je näher diese einander stehen, dürfte sich ganz einfach daraus erklären, daß zur Befruchtung einer bestimmten Pflanzenart auch eine ganz bestimmte Organisation des Pollenkornes nothwendig. Es ist nun einleuchtend, daß dem Pollenkorn der gleichen Art diese Organisation im höchsten Grade eigenthümlich, und daß außerdem bei nahe mit einander verwandten Pflanzen am ehesten ähnliche Bildung in dieser Beziehung angetroffen wird. Zufällige Bastarde im Garten und an den Wohnplätzen der Pflanzen erklären sich meistentheils wohl nur durch Verhinderung der Befruchtung mit dem eigenen Pollen.

2. Bastardbefruchtungen zeigen auf die Form der gewonnenen Früchte keinerlei Einfluß, dagegen scheint ein Einfluß auf die Form der Samen vorhanden zu sein, sowie auch die Zahl der vollkommnen Samen gemeiniglich viel geringer als bei normalen Befruchtungen.

Digitized by Google

Alle sorgfältigen Beobachter stimmen darin überein, daß eine Bastardbefruchtung keinen Einfluß auf die Form der hieraus hervorgehenden Frucht zeige. Auch schon vom theoretischen Standpunkte wäre dieß durchaus unwahrscheinlich, denn die Frucht ist schon zur Zeit der Befruchtung in der Anlage gänzlich vorhanden und der Einfluß der Befruchtung kann sich nur auf den Samen erstrecken. Es ist daher durchaus irrig, wenn man die zuweilen vorkommende Thatsache, daß der gleiche Zweig eines Apfelbaumes oder einer Rebe verschiedenartige Früchte trägt, durch Einfluß von Bastardbefruchtung zu erklären sucht.

Ein anderes ist es, ob die Bastardbefruchtung (zwischen Arten und Mischlingen) schon einen Einfluß auf die Form des Samens zeigt. Es ist dieß eine Frage, über die noch fernere Versuche gemacht werden müssen, wobei sich aber wahrscheinlich ein etwelcher Einfluß in dieser Beziehung herausstellen dürfte. Am auffallendsten ist dieß z. B. bei unseren Bohnensorten. Werden hier verschiedene Sorten neben einander angebaut, so befruchten sie sich unter einander und zeigen dann schon die Samen verschiedene Form und Färbung.

Bei ächten Bastardbefruchtungen zwischen verschiedenen Arten, da ist es sicher, daß aus einer solchen Befruchtung gemeiniglich viel weniger ausgebildete Samen hervorgehen, als bei der Befruchtung mit eigenen Pollen, nnd zwar ist die Zahl der erhaltenen Samen im gleichen Grade geringer, je geringer die Verwandtschaft der mit einander befruchteten Pflanzen. Gärtner bezeichnet dieses Verhältniß durch sexuelle Affinität. Die Zahl der Arten, mit der je eine Art Bastarderzeugungen eingehen kann, nennt der gleiche Beobachter den Umfang der sexuellen Affinität einer Art.

Bei Befruchtungen unter einander nah verwandter Arten, da kommt es allerdings öfters vor, daß man aus der gleichen Fruchtkapsel mehr Samen als bei der gewöhnlichen Befruchtung erhält, allein hier ist dieses Verhältniß wohl nur durch den auf möglichst vollkommene Ausbildung der Samen angebrachten Schnitt bedingt.

3. Der Bastard zwischen zwei Pflanzenarten ist eine Mittelform, die sich bald mehr auf Seite des Vaters, bald mehr auf die der Mutter neigt. Der Bastard zwischen zwei Pflanzengattungen trägt die wesentlichen Kennzeichen der Blüthe des Vaters.

Auch hier stimmen in der Hauptsache alle sorgfältigern Beobachter überein, insofern sie anerkennen, daß der Bastard stets eine ganz bestimmte Form zwischen Vater und Mutter darstellt, und daß unter vielen Hunderten von Samenpflanzen, die aus der gleichen Bastardbefruchtung zwischen Arten hervorgingen, alle genau dieselben charakteristischen Merkmale zeigen und selbst Abweichungen in der Farbe der Blüthe und andern unwesentlichen Merkmalen selten sind. Man kann daher aus dem Verhalten des reinen Bastardes mit ziemlicher Sicherheit auf Vater und Mutter zurückschließen. Nägeli that dieß bei seiner Bearbeitung der Cirsien und Wimmer bei der der Weiden, beide nur vom theoretischen

Digitized by Google

Standpunkte ausgehend. Seitdem erzog Wichura künstlich viele der von Wimmer für Bastarde erklärten Weidenarten und lieferte dadurch den praktischen Beweis für die Richtigkeit jener Annahme. Auch ich erzog zufällig einen Bastard zwischen Trevirania patens und grandiflora, der kurze Zeit zuvor als Art unter dem Namen T. Liebmanpi in die Gärten eingeführt worden war. In dem Umstande, daß der Bastard die Mitte zwischen Vater und Mutter hält, liegt zugleich auch der sicherste Beweis, daß der Samenbildung wirklich stets eine Befruchtung vorausgehen muß.

Jene Ansicht, welche schon Linné aufstellte, daß der Bastard in seinen Blumen mehr der mütterlichen Pflanze, in seinen vegetativen Organen mehr der väterlichen Pflanze gleiche, fand später auch in Candolle und Herbert ihre Vertreter. Nägeli und andere neuere Forscher stellten gerade die entgegengesetzte Ansicht auf. Meine Beobachtungen stimmen insofern mit der letzteren Ansicht überein, als dieß in der Mehrzahl der Fälle und namentlich bei allen Bastarden zwischen Gattungen der Fall ist, dagegen gibt es davon zahlreiche Ausnahmen und ich schließe mich daher der Ansicht Gärtners an, welcher sich überzeugte, daß es sogenannte typische Arten gebe, welche bei den mit ihnen angestellten Befruchtungen, gleichviel ob sie Vater- oder Mutterstelle vertreten, immer den vorwiegenden Einfluß geltend machen. Nimmt man zwischen zwei Arten gleichzeitig die doppelte Befruchtung vor, so gleichen sich in den einen Fällen die daraus erzogenen Pflanzen außerordentlich, ja bei Befruchtungen von Diastema gracilis (einer typischen Art) mit Treviranien, waren die den Gattungscharakter bestimmenden Charaktere immer nach Diastema gebildet, gleichviel ob diese Vater- oder Mutterstelle vertreten hatte. In anderen Fällen stand z. B. der zwischen Calceolaria rugosa und krautartigen Calceolarien erzogene Bastard in seinen vegetativen Organen stets der Mutterpflanze näher.

4. Der Bastard trägt namentlich in dem ersten Jahre oft keinen oder unfruchtbaren Pollen. Es gibt jedoch viele auch in dieser Beziehung durchaus fruchtbare Bastarde.

Schon Koelreuter sprach diese Ansicht aus, dehnte sie jedoch auch auf die Ausbildung des Stempels aus, und unterscheidet in Folge dessen zwischen Bastarden, die wegen unvollkommener Ausbildung des Pollens oder des Stempels unfruchtbar seien. In Wahrheit kommt aber nur das erste Verhältniß häufig vor, denn durch Befruchtung mit dem Pollen einer der elterlichen Pflanzen ist die große Mehrzahl der Bastarde befruchtungsfähig. Nur einen Fall kenne ich bis jetzt, wo der Bastard auch im Stempel unfruchtbar, und dieß ist ein Bastard zwischen Trevirania und Plectopoma, wo sich der Griffel blattartig unfruchtbar ausgebildet hat.

In der Mehrzahl der Fälle entwickelt der Bastard zwischen guten Arten im ersten Jahre seiner Blüthe keinen oder nur sehr wenigen fruchtbaren Pollen. Dagegen tritt bei mehrjährigen Pflanzen öfters der Fall ein, daß sich in spätern Jahren wirklich fruchtbarer Pollen entwickelte. Schon Knight beobachtete dieß bei einem Bastard zwischen der Mandel

Digitized by Google

und dem Pfirsich, ich fand es häufig bei den Bastarden der Gesneriaceen. Es ist dieß der Grund, weßhalb Bastarde zwischen einjährigen Pflanzen gewöhnlich bald wieder aussterben. Doch ist dieß nicht immer der Fall, denn es gibt wirklich auch viele Bastarde mit durchaus fruchtbaren Pollen. So erzog ich vor zwei Jahren einen solchen zwischen Matthiola maderensis und M. incana, von dem ich im letzten Jahre ohne künstliche Befruchtung nahe an ein Pfund keimfähigen Samens erzog. Ebenso sind die Bastarde zwischen M. annua und incana (die Herbstlevkoie), zwischen C. lanceolata und miniata (C. purpurea), zwischen Mirabilis longiflora und Jalapa (M. longifl. violacea), zwischen Begonia xanthina und rubro-venia (B. xanthina-marmorea), zwischen Petunia violacea und nyctaginiflora (P. hybrida), zwischen den Aquilegien u. s. f. Beispiele fruchtbarer Bastarde. Auch Wichura erzog reifen Samen durch Befruchtung der Bastarde der Weiden mit ihrem eigenen Pollen, und derartiger Beispiele gibt es noch sehr viele.

Schon Koelreuter und Knight stellten die Ansicht auf, der Bastard sei immer unfruchtbar und betrachteten Bastarde, die durch eigene Befruchtung fruchtbar, als aus der gegenseitigen Befruchtung von Spielarten hervorgegangen. Koelreuter kam jedoch später von dieser Ansicht gänzlich zurück und auch Knight erwähnte die oben angezogene Bildung fruchtbaren Pollens eines Bastardes in späteren Jahren, und schloß daraus, Pfirsich und Mandel müßten daher nur Spielarten der gleichen Art sein.

In neuester Zeit vertritt nun Dr. Klotzsch diese Ansicht wiederum in der Eingangs erwähnten Schrift. Daß wir nicht dieser Ansicht sind, sprachen wir schon aus. Allgemein gültige Gesetze können hier nicht nach einzelnen, sondern nur nach der Gesammtheit der Fälle gezogen werden. Ueber Unterschiede zwischen Art und Abart werden wir unter Nr. 9 näher eintreten. Einverstanden sind wir dagegen mit der von Klotzsch ausgesprochenen Ansicht, daß der ächte Bastard fast immer in der Entwickelung des Pollens zurückbleibt, um so mehr, als derselbe selbst zugibt, daß in einzelnen Fällen der Pollen des Bastards so weit ausgebildet, daß er sich unter dem Mikroskop kaum vom Pollen der elterlichen Pflanzen unterscheiden lasse. Es zeigt dieß nur, daß auch nicht ganz vollkommen ausgebildeter Pollen fruchtbar sein könne.*

* Die Wichtigkeit des Gegenstandes erfordert es, dieser Ansicht des Hrn. K. noch einige besondere Betrachtungen zu widmen. Es ist bekannt, daß über die nämliche Frage in Bezug auf das Thierreich jetzt der gleiche Streit geführt wird. Hr. K. und alle die, welche dessen Ansicht theilen, gehen von einzelnen Fällen, wo der Bastard erwiesener Maßen unfruchtbar ist, aus, und machen von diesen ihren theoretischen Schluß auf das ganze Pflanzenreich. Ueberall da wo zwischen Arten auch im Pollen fruchtbare Bastarde vorkommen, werden entweder:

1. die elterlichen Pflanzen für Formen der gleichen Art ausgegeben, oder
2. angenommen, der vermeintliche Bastard sei kein solcher, sondern nur eine einfache Form einer der elterlichen Arten, oder es wird
3. der Satz aufgestellt, daß der Bastard mit einer seiner elterlichen Pflanzen befruchtet, in seiner folgenden Generation wieder im Pollen fruchtbar werde, und solche fruchtbare Bastarde daher nicht das Ergebniß der Befruchtung zwischen Arten, sondern mit Mischlingen sei.

Digitized by Google

5. Der Bastard als Individuum betrachtet, behält seine Charaktere getreulich bei. Er verändert sich durchaus nicht, geht also auch nicht allmälig zu seinen Stammeltern zurück.

C. Nägeli sprach die Ansicht aus, daß der Bastard in späteren Jahren allmälig zu den elterlichen Pflanzen zurückkehre, und unterschied außer dem Bastard auch noch die rückkehrenden Formen. Diese letzteren existiren wirklich, sind aber auf eine andere Weise entstanden. Einzelne ungeschlechtlich vermehrte Bastarde beobachtete ich seit einer Reihe von zwölf Jahren und sah gar keine Veränderung an denselben eintreten, so Begonia manicata-hydrocotylefolia, Begonia incarnata-manicata u. a. m.

6. Der Bastard mit sich selbst befruchtet, bleibt auch in den folgenden Generationen sich in seinen wesentlichen Merkmalen gleich?

Es enthält der obige Satz meine Ansicht, wie sie sich aus einzelnen Versuchen ergab. Diese sind jedoch noch viel zu vereinzelt, als daß hier nicht noch zahlreiche Versuche nothwendig wären, um jenen Satz erst noch zu bestätigen. Die eigenthümliche Schwierigkeit dieser Versuche besteht eben darin, daß der ächte Bastard selten befruchtungsfähigen Pollen

So erklärte Hr. Kloßsch **Matthiola maderensis** und **incana** für die gleiche Art. Folglich auch **M. incana** und **annua** für die gleiche Art, und auf diese Weise dürfte die ganze Gattung **Matthiola** wahrscheinlich nur eine Art umschließen. Zwischen **Begonia xanthina** und **rubro-venia** existiren zwei Bastarde, indem beide Pflanzen Mutter- und Vaterstelle vertreten. **B. xanthina gandaviensis** und **B. xanth. marmorea.** Von diesen ist der erstere Bastard im Pollen unfruchtbar und der zweite fruchtbar. Trotzdem nun beide Pflanzen durch Bastardirung künstlich erzeugt worden sind, trotzdem ferner **B. xanth. marmorea** viel mehr noch alle Kennzeichen eines Bastardes zwischen diesen beiden Arten in Form, Tracht und Färbung an sich trägt, erklärt dennoch Klotzsch die **B. x. marmorea** nur für eine Form von **B. xanthina**, dagegen **B. x. gandaviensis** für den wahren Bastard. Wir haben jetzt selbst diesen frappanten Fall, der für sich allein beweisend ist, durch neue Experimente erprobt und werden deren Resultat später mittheilen. Ebenso wird **C. purpurea** nur für eine Form von **C. miniata** erklärt. Wir haben sehr viel Pflanzen aus dem Samen von **C. miniata** gezogen und daraus eine andere Form, als kleine Abänderungen in der Blumenfarbe, erhalten. Wir haben ferner zu Hunderten Samenpflanzen der **C. purpurea** erzogen und keine einzige zu **C. miniata** zurückkehrende Pflanze erhalten, während überall da, wo zufällige Abänderungen aus Samen fallen, die Neigung zur Stammart zurückzukehren vorwaltend ist. Auch hier wird ein Experiment entscheiden, da **C. purpurea** kein von uns erzogener Bastard ist. **Petunia violacea** und **nyctaginiflora** für die gleiche Art zu erklären, dürfte nach den herrschenden Ansichten weniger auf Schwierigkeiten stoßen. Die Fruchtbarkeit der Weidenbastarde wird natürlich durch fortgesetzte Mischung mit den elterlichen Pflanzen erklärt.

Hier können wir uns aber auf die von uns gemachten Versuche berufen, und müssen es durchaus bezweifeln, daß Hr. K. solche selbst beobachtete Versuche vorlagen. Da wo ein Bastard mit dem Pollen seiner elterlichen Pflanzen befruchtet wird, wird er schon im folgenden Gliede so zu jenen wieder übergeführt, daß ihn kein Botaniker von geübtem Blick für einen Bastard, sondern nur für eine Form erklären wird.

Nun sind aber die Weidenbastarde erst durch die schönen Untersuchungen Wimmers nur vom Standpunkte des Systematikers als Bastarde erkannt und gedeutet worden, und erst später hat Wichura diesen Deutungen die praktische Ausführung folgen lassen.

Gerade während dieß gedruckt wird, richtet sich die lebhafteste Aufmerksamkeit auf diese von Neuem angeregte Streitfrage, zu deren Entscheidung auch ferner noch einige mir gegenwärtig unter den Augen liegende Thatsachen beitragen möchten.

Digitized by Google

trägt und jeder Einfluß des Pollens einer der elterlichen Pflanzen, mit denen die Befruchtung leicht auszuführen ist, sorgfältig vermieden werden muß.

7. Der Bastard mit seinen elterlichen Pflanzen befruchtet, liefert gemeiniglich fruchtbare Mittelformen nach diesen hin und wird im zweiten, dritten oder vierten Gliede bei fortgesetzter Befruchtung zu diesen allmälig wieder übergeführt.

Da der Bastard selten fruchtbaren Pollen trägt und in der freien Natur immer zwischen seinen Stammeltern wachsend angetroffen wird, so wird er in der Mehrzahl der Fälle von diesen befruchtet. Hieraus gehen jene Formen hervor, welche allmälig zu einer der Stammarten zurückkehren, und zwei (oder mehrere, wie wir unter Nr. 8 sehen werden) durchaus gute Arten scheinbar zu einer verbinden. Diese Mittelformen zeichnen sich noch dadurch vor dem Bastard aus, daß sie meist fruchtbare Pollen entwickeln. Bei ausdauernden zur Bastardbildung geneigten Pflanzen werden jene Formen zugleich fixirt und bilden jenes Chaos von Formen, welches wir in den Gattungen **Rubus**, **Hieracium**, **Rosa**, **Mentha**, **Salix**, sowie bei vielen der angezogenen Gattungen unserer Kulturpflanzen zur Verzweiflung der Systematiker beobachten. Wir sind

Gloxinia caulescens mit blauen Blumen ist eine wandelbare Pflanze, sie kommt mit und ohne Stengel, ferner mit blauen, rothen, weißen Blumen vor, und durch gegenseitige Befruchtung in einer ganzen Formenreihe. Mit **G. Menziesiana** bildet diese im Pollen meist unfruchtbare Bastarde. 1853 befruchteten wir die blaue **G. caulescens** mit dem Pollen der **Sinningia guttata**. Wir erhielten daraus mehrere Pflanzen, die bei ihrer ersten Blüthe 1854 als wahre Bastarde sich erwiesen, und in der Blüthenbildung sich der väterlichen Pflanze mehr anschlossen. Sie besaßen in diesem ersten Jahre nur wenig oder keinen fruchtbaren Pollen, der zu Befruchtungen nicht benutzt werden konnte. Dieses Jahr blühen die gleichen Pflanzen abermals und besitzen theils Pollen, wo zwischen vielen unausgebildeten Körnern nur einzelne gute Körner liegen, theils durchaus fruchtbaren Pollen. Dieses durch uns selbst gemachte Experiment läßt keine der drei Erklärungen zu.

Auch zwischen den einjährigen staudigen Calceolarien (Mischlingen von **C. corymbosa** und **crenata**) und **C. rugosa** (die letztere trug den Samen) erzog ich in diesem Jahre eine Menge im Pollen durchaus fruchtbarer Bastarde.

Alles dieß bestätigt uns in unserer Ansicht. Das Systematisiren, welches hier jeden zweifelhaften Fall von vornherein für sich entscheidet, ist hier gewiß nicht anwendbar, denn konsequente Durchführung würde auf zu wunderliche Annahmen über Art und Abart führen müssen. Einem künstlichen Systeme ähnlich würden durch eine derartige Annahme bald die ungleichartigsten Formen zu einer Art vereinigt, bald müßte der Wahrheit ins Gesicht geschlagen, und ein wahrer Bastard für nur eine Form erklärt werden, oder es müßten nur der Theorie, aber nicht der Wirklichkeit entnommene sogenannte Mischlinge als Brücke zur Erklärung dienen. Wir sind daher der Ueberzeugung, daß unsere Ansicht, überall da wo mit nicht vorgefaßter Meinung untersucht wird, unzweifelhaft als die richtige, auf die in solchen Verhältnissen und Beziehungen so wandelbare Natur basirte, erkannt werden wird. Man ziehe da nur in Erwägung, daß z. B. Veredlungen sich hier ganz ähnlich verhalten und oft sehr nah verwandte Arten nicht auf einander wachsen, während dieß weiter von einander stehende Arten und selbst Gattungen thun.

Wir haben oben ein Beispiel eines auch im Pistill unfruchtbaren Bastardes zwischen Gattungen gegeben. Wir könnten daher mit dem gleichen Rechte den Schluß machen, — Bastarde zwischen Gattungen sind in Pistill und Pollen, solche zwischen Arten nur im Pollen unfruchtbar. So schön wie sich das aber anhört, so unrichtig ist es.

Digitized by Google

überzeugt, daß die Bastardbildung in der freien Natur viel häufiger vorkommt, als man gemeiniglich annimmt, und daß sie es ist, durch welche die größte Zahl der sogenannten konstanten Varietäten erzeugt wird. Der Systematiker fällt daher einerseits ebenso sehr ins Extrem, wenn er in solchen Gattungen alle scheinbar in einander übergehenden Arten zu einer Art vereinigt, wie wenn er andrerseits all die einzelnen Formen als Arten aufstellt. Wie man in solchen Gattungen verfahren muß, das hat Nägeli bei seiner Bearbeitung der Cirsien, und Wimmer bei der der Weiden gezeigt. Aehnliche auf gründliche Beobachtungen und Untersuchungen basirte Arbeiten müssen in der Folge noch in allen jenen schwierigen Gattungen, namentlich auch in denen unserer Kulturpflanzen aufräumen. In Beziehung auf diese letzteren, da denke man nur an Fuchsia, Pelargonium, Erica, an viele unserer Obst und Gemüsearten u. s. f. Doch herrscht gerade in dieser Beziehung noch eine arge Verwirrung der Begriffe. Der Gärtner ist im Allgemeinen schnell bereit, jede Form zwischen Varietäten mit dem Namen eines Bastardes zu belegen, und der Botaniker, der nie selbst derartige Experimente machte, nennt durch Bastardirung entstandene Formen Arten oder Varietäten. In Bezug auf Ueberführung des Bastardes durch fernere Befruchtung mit einer seiner Stammeltern, erhält man weitere Mittelformen, welche in der zweiten, dritten oder vierten Generation bei fortgesetzter derartigen Befruchtung wieder gänzlich übergeführt werden. Ein Irrthum ist es, wenn behauptet wird, es geschehe dieß mittelst der Befruchtung mit der mütterlichen Stammart schneller als mittelst der väterlichen Pflanze. Dieses Verhältniß schwankt, ja es gelang mir sogar, den Bastard zwischen Diastema gracilis und Trevirania grandiflora mittelst der Befruchtung mit der väterlichen Pflanze (mit D. gracilis) schon im zweiten Gliede wiederum überzuführen.

8. Bastarde, mit anderen Arten als den elterlichen Pflanzen, oder mit Bastarden anderer Abstammung befruchtet, geben jene Massen von Formen, welche mehrere gute Arten zu einem Formenkreise verbinden.

Klotzsch sagt zwar in seiner neuesten Schrift, der Bastard sei nur durch Pollen seiner Stammeltern befruchtungsfähig. Dieß ist jedoch nicht richtig. Mir selbst ist nicht nur die Befruchtung von Bastarden mit andern als den elterlichen Arten, sondern sogar auch mit andern Bastarden gelungen. Für den Gärtner, der darnach strebt, besonders schöne neue Formen irgend einer Pflanzen-Sippe zu erziehen, ist dieß sogar ein Erfahrungssatz von größter Wichtigkeit. Durch Bastardirung von zwei Arten erhält man nur einen ganz bestimmten Typus. Durch Befruchtung dieses Bastardes mit den elterlichen Pflanzen wird er schnell wieder in keine erheblich neuen Formen zu diesen übergeführt. Befruchtet man aber den Bastard mit anderen als den elterlichen Pflanzen, oder mit Bastarden anderer Abstammung, dann erhält man ganz neue ausgezeichnete Formen, die viel mehr zur Formenbildung geneigt

Digitized by Google

sind, als dieß bei dem ächten Bastard der Fall ist. Mir gelang dieß wiederholt bei den Gesneriaceen und die prächtigen Treviranien, wie Ambr. Verschaffelt, Dr. Hopf ꝛc., sind solche Formen (Mutter der Bastard zwischen Trevirania grandiflora und Diastema gracilis, Vater die weißblumige Form von Tr. longiflora) und Wichura erhielt ähnliche Erfolge durch die Befruchtung der Weidenbastarde mit anderen als den elterlichen Arten. Der große Vorzug, den die Befruchtung des Bastardes mit anderen als den elterlichen Arten gewährt, liegt vornehmlich darin, daß sich nun der überwiegende Einfluß der Stammeltern nicht mehr geltend machen kann. Es wird hierdurch zugleich die typische Form wesentlich erschüttert und die von solchen Bastarden auch durch Selbstbefruchtung fallenden Pflanzen sind sehr zur Varietätenbildung geneigt. Ja bei Mischlingen, die schon durch eine Menge von Generationen hindurch sich immer mehr von ihrer typischen Form entfernt haben, kommt es sogar vor, daß sie zuweilen verschieden gefärbte Blumen oder Früchte auf der gleichen Pflanze tragen, worauf schon § 27 hingewiesen wird. So bei den Dahlien, dem Wein ꝛc.

9. Die zahlreichen Formen unserer Kulturpflanzen verdanken großentheils der Bastardirung den Ursprung.

Werfen wir einen Blick auf die wild wachsenden Pflanzen, so sehen wir manche derselben, je nach dem Standort, sehr verschiedenartige Gestaltung annehmen. Im Schatten ist der Bau schlaffer, üppiger, in der Sonne der Wuchs gedrungener, die Behaarung stärker, die Blumenfarben tiefer. Die Pflanzen unserer Ebenen werden auf der Höhe unserer Gebirge zu jenen niedlichen Alpenformen mit kurzen Stengeln, kleinen Blättern, dichter Behaarung, größeren schöneren Blumen. Der Einfluß des üppigen Kulturbodens bedingt fleischigere größere Wurzeln, zarteres größeres oft anders gefärbtes Laub und Blumen, größere Früchte u. s. f., sowie diejenigen Formen, die wir bei den Mißbildungen bereits in ihren Eigenschaften besprochen.

Bringen wir solche durch Lokalität, Boden, Standort ꝛc. entstandene Formen neben einander in Kultur, unter durchaus gleichartige Verhältnisse, so sehen wir entweder schon die Individuen solcher Pflanzenformen, unterm Einfluß gleichartiger Verhältnisse zur gleichen Form werden, oder es gehen wenigstens die der folgenden Generationen in einander über. Auf diese Weise gelang es uns, im hiesigen Garten schon mehrere für gute Arten gehaltene Formen unserer Gebirge, in die der Ebene zurückzuführen. (Plantago montana in Pl. lanceolata, Möhringia polygonoides in M. muscosa ꝛc.) — Weitaus am häufigsten sind Varietäten mit verschiedenartig gefärbten Blumen. Wir wollen hier nur an das Leberblümchen und Immergrün mit weißen, blauen, rothen Blumen erinnern. Die Farbe des rothen Immergrüns geht oft schon am Individuum unter von seinem Fundort verschiedenartigen Bodenverhältnissen in die blaue über. Durch Aussaaten bleiben solche anders gefärbte Formen nie durchaus konstant, sondern es gehen immer einzelne Individuen in

Digitized by Google

die des Normaltypus über. Ursprünglich sind es jedenfalls Bodenverhältnisse, die diese Abänderungen hervorrufen, dafür spricht das massenhafte und gleichartige Auftreten solcher Formen in ganzen Gegenden. Die Gärtnerei hat aber die Mengtheile des Bodens, welche derartige Veränderungen hervorrufen, noch nicht ergründet. (Vergl. § 27.) Formen mit starker Behaarung, gedrungenen kurzen Stengeln ꝛc. werden im Garten langstengliger, kahler ꝛc., kurz alle durch Boden und Standort veranlaßten Abänderungen können durch gleichartige Einflüsse auf das Individuum oder durch mehrere folgende Generationen zur Grundform umgebildet werden. Das Nöthige in dieser Beziehung ist bereits in § 30 gesagt.

Im Gegensatz hierzu gibt es sowohl unter unseren wild wachsenden Pflanzen, sowie ganz besonders unter unseren Kulturpflanzen eine große Menge von Formen, welche unter sich sehr verschiedene Endglieder zu einem weiten Formkreise verbinden, und die in ihren ihnen eigenthümlichen Eigenschaften unter durchaus gleichartigen Bedingungen, sowohl für sich, wie in ihren folgenden Generationen (sofern sie vor Verbastardirung geschützt werden) durchaus konstant sind. Vergleichen wir die Endformen solcher Formenkreise, wie z. B. die der Pflaumenarten, der Kohlarten, der Reben, der Bohnen ꝛc., die alle zu einer Art gerechnet werden, so finden wir sie unter sich viel mehr verschieden, als dieß z. B. bei vielen der als durchaus gut anerkannten Arten vieler unserer wilden Pflanzen der Fall ist.

Eine vorurtheilsfrei Prüfung dieser Verhältnisse muß uns zu dem Schlusse führen, daß, wenn gleich wir es hier mit einer ganzen Formenreihe zu thun haben, welche die extremen Formen mit einander verbindet, dennoch hier noch ein anderes Verhältniß zu Grunde liegen muß, welches die Haltbarkeit der einzelnen Formen und die Verschiedenheit der Extreme begründet.

Ziehen wir dabei bei unseren Kulturpflanzen ferner in Erwägung, daß dieses meistens von den ältesten Kulturvölkern unseres Erdballes auf uns herabgekommene Pflanzen sind, sowie daß auch jetzt noch zwischen denselben immer wieder neue Formen durch Verbastardirung der einzelnen Racen erzeugt werden, so führt uns dieß zu dem Schluß, daß jenen vielgestaltigen Kulturpflanzen, von denen wir gegenwärtig ganze Formenkreise zu einer Art rechnen, ursprünglich zwei oder auch mehrere wilde typische Arten zu Grunde liegen, welche im Laufe der Zeit erst durch Bastardirung der Arten, dann durch Befruchtung der Bastarde mit den elterlichen Pflanzen und verwandten Arten jene vielgestaltigen Formen erzeugt haben, welche wir gegenwärtig kaum noch auf ihre ursprünglichen Formen zurückführen können. Denken wir in dieser Beziehung nur an unsere Pelargonien, von denen wir wissen, daß sie so entstanden, und die wir dennoch nicht mehr auf ihre Grundformen zurückführen können; denken wir an die Petunien, Verbenen; Calceolarien, Fuchsien, welche ähnliche Verhältnisse bieten; kurz, beachten wir nur das, was jeder der Bastarde und von letzteren wieder neue Mischlinge zieht,

Digitized by Google

leicht jetzt noch beobachten kann, so wird die im Obigen ausgesprochene Ansicht im höchsten Grade wahrscheinlich, und ein sorgfältiges erneutes Studium unserer Kulturpflanzen in dieser Beziehung sehr nothwendig.

Wenn ein Mann wie A. Jordan, der bereits eine so große Menge von Pflanzenformen zu Arten erhob, in einer kürzlich erschienenen Schrift (der Ursprung der Kulturpflanzen) diesen Grundsätzen gemäß auch alle jene Formen (Racen) unserer Kulturpflanzen zu Arten erheben will, so finden wir dieß sehr begreiflich, und er hat in seiner Art wohl ebenso Recht, wie der, welcher alle jene Formen zu einer Art vereinigt. Wenn er aber, da begreiflicher Weise es nicht gelingt, für diese Masse von neuen Arten die wilden Stammarten nachzuweisen, mit dem Zaunpfahl darauf hindeutet, daß diese letzteren durch die Sündfluth ausgerottet und nur noch die in Kultur befindlichen Arten durch die Arche Noah's auf uns herüber kamen, so gehört solch eine Erklärung in die Fabelbücher der Kinderwelt, aber nicht in eine naturwissenschaftliche Abhandlung.

Hier ist endlich auch der Ort, wo wir jenen Behauptungen noch einige Worte widmen müssen, welche vorgeben, durch den Einfluß der Kultur eine Pflanzenart in eine andere durchaus verschiedene umgewandelt zu haben. Eine ganze Reihe solcher Beobachtungen, wie die Umwandlung von Taumelkoch in den Weizen und anderer Unsinn mehr theilte vor zirka zwölf Jahren ein Herr E. von Berg in einem kleinen Schriftchen mit. Wenn nicht muthwillige Täuschungen jener Schrift zu Grunde lagen, so waren es zum wenigsten mangelhafte ungenaue Beobachtungen eines schwachsinnigen Beobachters.

Aber auch in der neuesten Zeit hat eine ähnliche Behauptung, nämlich die des Herrn E. Fabre in Agde bei Montpellier, „durch den Einfluß zwölfjähriger Kultur ein unscheinbares Gras, den Aegilops ovata, in den Weizen umgewandelt zu haben," ganz allgemeines Aufsehen erregt und zu den lächerlichsten Schlüssen Veranlaßung gegeben.

Herr Fabre behauptete nämlich, lediglich durch den Einfluß einer zwölfjährigen Kultur jenes kleine Gras mit niederliegenden Stengeln, ganz verschiedenem Bau der Blüthenähre und kleinen Samen, zum Weizen umgewandelt und die allmäligen Uebergangsformen erzogen zu haben. Begleitet mit einer besondern Schrift schickte er Exemplare jener Uebergangsformen nach Paris und London. In Folge dessen ward Aegilops ovata von den tüchtigsten Botanikern Englands für die wilde Stammpflanze des Weizens erklärt, und eine Menge der extravagantesten Schlüsse für die Feststellung von Form und Art auf jene vorgelegten Uebergangsformen gebaut.

Der Verfasser war der einzige, der es wagte, gleich Anfangs fest gegen jene Behauptung Fabres aufzutreten. Er legte in der Gartenflora und Bomplandia alle jene Gründe dar, welche unbedingt gegen eine solche Umwandlung durch den Einfluß der Kultur sprechen, und gestützt auf ihm vorliegenden Thatsachen, erklärte er jene Uebergangsformen durch Bastardbildung zwischen beiden Arten und vom Bastard gefallene weitere

Digitized by Google

Mittelformen nach den elterlichen Pflanzen hin. Die Untersuchungen Godrons an Ort und Stelle zeigten inzwischen, daß Hr. Fabre zu seinen Versuchen nicht A. ovata, sondern A. triticoides benutzt habe und daß dieser unzweifelhaft der Bastard zwischen dem Aegilops ovata und dem Weizen sei, und lieferte somit schon einen Beweis zu des Verfassers Ansicht. Ich selbst nahm, um endlich einmal an diesem berühmt gewordenen Umwandlungsfall auch praktisch meine Ansicht nachzuweisen, die Befruchtung von Aegilops mit Pollen des Weizens vor. Herr A. Jordan hat natürlich getreu seiner Ansicht, daß jede konstante Abart eine Art sei, den A. triticoides für eine eigene Art erklärt und behauptet, daß alle jene berühmten Mittelformen zwischen Aegilops und dem Weizen dem A. triticoides zuzurechnen seien. Die Mittelbildungen durch Bastarde sind nach diesem Herrn Hirngespinste.

Im Uebrigen haben wir die Ueberzeugung, daß alle jene Pflanzenformen, welche nur als zufällig entstandene Varietäten der gleichen Art zu betrachten sind, sobald die Verhältnisse, die sie veranlaßten, aufgehoben sind, durch fortgesetzte Aussaat wieder zur Stammform zurückgeführt werden können. Eben dieß ist bei allen den durch Einfluß der Kultur entstandenen Formen der Fall, denn es schlagen auch jetzt noch unsere Kulturpflanzen durch Einfluß von schlechtem Boden, unzweckmäßiger Behandlung ꝛc. wieder in der gleichen oder in den folgenden Generationen in den wilden Zustand zurück, oder es kann aus der wilden Stammart noch die kultivirte Pflanze gezogen werden, wie dieß von der wilden Möhre der Fall ist.

Jene sogenannten konstanten Varietäten, welche unterm Einfluß gleichmäßiger Einflüsse und Behandlung auch in den folgenden auf geschlechtlichem Wege (aber unter Ausschluß jeder Bastardirung) erzielten Generationen in ihren Charakteren sich treu sind, diese halten wir, und wenn die Unterschiede noch so unbedeutend, für mehr als Formen. Wir glauben, daß sie immer aus der Vermischung zweier oder mehrerer guter Arten hervorgegangen und wenn es keine reinen Bastarde mehr sind, so sollte für sie ausschließlich der Name Mischlinge angewendet werden. Man erklärt sie gemeiniglich als zufällig aus Samen entstandene Formen. Das Wort zufällig sollte aber der Naturforscher aus seinem Wörterbuch streichen, alles hat seine bestimmten Ursachen und die der konstanten Varietäten ist sicherlich in der geschlechtlichen Vermischung zu suchen. Auch durch Samen, wenn sie vor der Befruchtung mit anderen verwandten Formen geschützt werden, pflanzen sie sich konstant fort.

10. Der Nutzen der Bastardbefruchtung.

Die Erzeugung von Bastarden, welche von dem Systematiker bis jetzt eine nutzlose Spielerei gescholten ward, ist in neuester Zeit zu Ehren und Ansehen gekommen. Mittelst derselben ist es dem Gärtner gelungen, eine Masse von Spielarten unserer beliebtesten Zierpflanzen zu erziehen. Durch Vermittelung derselben haben wir ohne Zweifel im Laufe der Zeit die zahllose Masse unserer Formen von Nutzpflanzen erhalten. Sie

Digitized by Google

ist es, durch welche der Blüthenreichthum, der schöne Bau, das schönere Laub mit den schöneren größeren Blumen oder Früchten, der fade Geschmack der einen Frucht mit dem Arom einer andern verbunden werden kann. Unsere gemeine Walderdbeere hat durch Kreuzung mit den großfrüchtigen amerikanischen Arten jene Masse der jetzt so beliebten Sorten ins Leben gerufen, und in der Hand des verständigen Kultivateurs kann bestimmt in Beziehung auf unsere Zier- und Nutzpflanzen durch sie noch so mancher Erfolg erzielt werden.

Wenn so die Bastardbefruchtung einerseits durch Verbindung der Vorzüge zweier Pflanzen schon in höchstem Grade nützlich wird, wird sie es ferner noch dadurch, daß durch sie an und für sich schon größere Blumen und dankbareres Blühen erzielt wird. Es dürften sich diese Eigenschaften des Bastardes und Mischlings dadurch erklären, daß er weniger Pollen ausbildet und in Folge dessen mehr Stoffe der Ausbildung der Blüthenhüllen zugewendet werden. Bei unfruchtbaren Bastarden geht außerdem auch noch aller der Bildungsstoff, der im normalen Falle zur Ausbildung von den Samen verwendet wird, auf Ausbildung von Gewebe und Blumen über. Es kann dieß bei allen den Pflanzen, wo Holz- oder Blumenerzeugung der einzige Zweck ist, von großem Nutzen sein. Bei solchen, die wir der Früchte wegen bauen, kommt es z. B. bei den Mischlingen unserer Obstsorten (bei den Aepfeln, Birnen ꝛc.) häufig vor, daß diese sehr vollkommne gute Früchte, aber nur wenige oder keine Samen ausbilden. Ja alle die edelsten Sorten dieser Pflanzen tragen stets viel weniger Samen, als die dem wilden Zustande näheren Sorten. Wo dagegen Pflanzen wegen der Samenproduktion angebaut werden, wird die Bastardbefruchtung im Allgemeinen kein gutes Resultat bringen, wovon jedoch zahlreiche Ausnahmen vorkommen dürften.

§ 48. Samenbildung ohne Befruchtung.

Auch dieses Schreckgespenst, welches von Zeit zu Zeit immer wieder von Neuem droht, die Befruchtung als zur Zeugung des Embryo's unnöthig darzustellen, müssen wir noch mit einigen Worten besprechen. Von jeher ward dieselbe als wichtigster Einwurf gegen das Geschlecht der Pflanzen gebraucht.

Spallanzani theilte schon 1786 derartige Beobachtungen mit, so von Basilicum, welches von ihm der Staubbeutel beraubt ward, sowie von Hanf und Spinat, welche entfernt von männlichen Blumen, dennoch Samen trugen. Ebenso erzog derselbe von Wassermelonen keimfähige Samen, obgleich diese aller ihrer männlichen Blumen zuvor beraubt wurden. Diese Versuche wurden vielfach wiederholt, und in neuerer Zeit stellten Bernhardi und Lecoq wieder ähnliche Behauptungen auf. Der Letztere gründet sogar auf diese seine Versuche hin, eine besondere Theorie, indem er behauptet, daß getrennt geschlechtliche einjährige Pflanzen von der Natur darauf angewiesen seien, auch ohne Befruchtung reife Samen zu bilden, weil sonst wegen Unterbleibens der Befruchtung die Art ganz aussterben könnte.

Digitized by Google

Auf diese Behauptungen ist zu entgegnen, daß schon frühere Beobachter wiederholt darauf aufmerksam machen, daß an den weiblichen Hanf- und Spinatpflanzen stets einzelne männliche Blumen vorkommen, durch welche die Befruchtung bewerkstelligt wird. Ebenso bilden sich in den weiblichen Blumen der gurkenähnlichen Pflanzen hier und da einzelne Antheren aus. Allerdings behaupten die angezogenen Beobachter, solche zufällige weibliche Blumen und Antheren stets sorgfältig entfernt zu haben. Es muß dieß aber schon mehrere Tage vor dem Oeffnen der Blumen geschehen, und beim Spinat und Hanf müssen wir sehr bezweifeln, daß dieß rechtzeitig geschah. Bei den Cucurbitaceen wird man solche zufällige Staubfäden erst nach dem Oeffnen der Blumen bemerken.

Da nun ferner auch ähnliche Versuche von anderen genauen Beobachtern gerade den entgegengesetzten Erfolg hatten, so sind sehr wahrscheinlich nur ungenaue Beobachtungen der Grund zu solchen Behauptungen. Wir wissen in dieser Hinsicht, daß alle diözistischen Pflanzen nie Samen erzeugen, wenn kein Pollen auf sie influiren kann, wie dieß z. B. bei den Palmen der Fall ist. Berühmt ist in dieser Hinsicht der Versuch, den Gleditsch in der Mitte des achtzehnten Jahrhunderts anstellte. Ein weibliches Exemplar der Chamærops humilis, was vorher nie Samen getragen hatte, ward im botanischen Garten zu Berlin mit einem männlichen Blüthenstande eines Exemplares, das im Leipziger botanischen Garten kultivirt ward, befruchtet, und trug nun Samen. Die weiblichen Chamædorea-Arten tragen nur dann Samen in unsern Gewächshäusern, wenn sie künstlich befruchtet werden.

Außerdem setzt eine Blume, der vor dem Oeffnen alle Antheren ausgeschnitten werden und die vor der Befruchtung durch andere Blumen geschützt wird, nie keimfähigen Samen an. Wohl kommt es vor, daß bei verhinderter Befruchtung oder bei ungeeigneter Kreuzung der Fruchtknoten sich zur Frucht, zuweilen sogar auch das Ei zum Samen ausbildet. Dem Letzteren fehlt dann aber der Embryo, und er keimt nicht. Dennoch wurden noch in neuester Zeit ähnliche Behauptungen wiederholt, und im botanischen Garten zu Kew soll sich das weibliche Exemplar eines Euphorbiacea (Cœlebogyne ilicifolia) befinden, das jährlich ohne Befruchtung Samen trägt. Wir hoffen diese Pflanze bald selbst beobachten zu können, sind aber überzeugt, daß auch hier ein Embryo ohne Befruchtung nicht gebildet wird. Jene Pflanze ward von Männern, wie Smith, Bauer und Lindley, beobachtet, und alle diese konnten keine Antheren an derselben auffinden. Demgemäß müßte hier das Ei sich ohne Befruchtung zur Knospe umbilden. Beobachtungen über die Entwickelungsgeschichte fehlen aber noch. *

* Ueber das Reifen der Frucht und des Samens, Erhaltung der Keimkraft des Samens und Aussaaten werden wir im nächsten Bande bei der Samenzucht und den Aussaaten näher eintreten.

Digitized by Google

Viertes Kapitel. Die Lebensdauer der Pflanzen.

§ 49. Der Tod der Pflanze.

Wenn die Thätigkeit im Innern der Zellen in allen Theilen des Pflanzenindividuums erstirbt und damit die Fähigkeit, neue Zellen zu bilden, erlischt, so ist dadurch der Tod der Pflanze bedingt. Dieß ist alles, was als allgemein gültig über die Lebensdauer der Pflanze gesagt werden kann.

Im Uebrigen ist die Lebensdauer der Pflanzenart bald eine bestimmte, bald eine unbestimmte. Die bestimmte oder begrenzte Lebensdauer endet mit der Bildung der Fortpflanzungsorgane, bei den höheren Gewächsen mit der Samenreife.

Zu diesen letzteren gehören unsere ein- und zweijährigen Pflanzen. Bekannt ist es, daß man die Lebensdauer der einjährigen Pflanzen verlängern kann, wenn man ihnen die Blüthentriebe ausschneidet. Dieses Experiment wird z. B. bei den Levkoien, der Reseda sehr häufig gemacht, führt jedoch auch bei den meisten anderen einjährigen Pflanzen zu ähnlichen Resultaten, sofern denselben die zu ihrem Leben nothwendigen Verhältnisse geboten werden können. Unsere zweijährigen Pflanzen werden in wärmeren Ländern zu einjährigen Pflanzen. Aehnliche Verhältnisse zeigen auch schon manche unserer Alpenpflanzen, wenn sie aus dem Gebirge in die Ebene gebracht werden. So ist die Linaria alpina in den Alpen mehrjährig, in unseren Gärten aber einjährig.

Eine unbestimmte, oft unbegrenzte Lebensdauer kommt unseren perennirenden und Holzpflanzen zu. Die Lebensweise der ersteren ward früher schon geschildert. Während ihre ältesten Achsentheile meist bald absterben, wächst die Spitze ihrer Achse durch Fortsetzung des Gipfeltriebes oder seitliche Stocksprossen weiter, und aus einem Individuum können dadurch nach und nach durch die einfachste ungeschlechtliche Vermehrung viele hervorgehen, welche wieder ähnliche Wachsthumsverhältnisse und dadurch eine unbegrenzte Lebensdauer zeigen.

Auffallender noch ist dieses Verhältniß bei den Sträuchern und Bäumen mit ausdauerndem oberirdischem Achsengebilde. Das Wachsthum der an diesem letztern erscheinenden Knospen bedingt die Ablagerung neuer Holzschichten um die Mutterachsen. Aehnlich wie bei den Perennien können aber auch hier die ursprünglichen ältesten nun im Centrum des Stammes liegenden Achsenglieder absterben, und in Folge dessen fault der Stamm im Innern aus, während rings herum die jungen Holzschichten von den Knospen bis zur Wurzel herabsteigen und den Nahrungssaft emporführen. Die Lebensdauer der Bäume und Sträucher wird durch diese Verhältnisse eine durchaus unbegrenzte. Daß Bäume zwei- bis dreihundert Jahre alt werden, ist eine bekannte Sache, und es erreichen dieses Alter die meisten unserer Waldbäume. An einzelnen Linden und Eichen hat man schon bis gegen neunhundert Jahresringe gezählt. Das Alter eines Eibenbaumes (Taxus baccata) in Derbyshire in England wird auf ungefähr zweitausend Jahre geschätzt. Die

Digitized by Google

mächtigen Baobabbäume (Adansonia digitata) auf dem grünen Vorgebirge werden auf zwei- bis fünftausend Jahre geschätzt, und der berühmte Drachenbaum zu Orotava soll ebenfalls gegen fünftausend Jahre alt sein.

Ueberall, wo der Mensch jetzt noch in jene, noch von keinem Beil berührten Urwaldungen eindringt, stößt man auf einzelne solcher Baumgiganten, deren Alter oft in die frühesten Zeiten unserer Geschichte zurückreicht. In der Neuzeit hat in dieser Beziehung die Entdeckung einiger solcher Baumriesen in Kalifornien allgemeines Aufsehen erregt. Es ist dieß ein Nadelholz (Wellingtonia gigantea), dessen Stamm eine Höhe von 350 Fuß bei zirka 29 Fuß Stammdurchmesser am Grunde erreichen soll. Die Schaale eines dieser Bäume ward über dem Grunde gelöst und in St. Franzisko zur Schau gestellt. Dieselbe umfaßte ein großes Zimmer, in welchem vierzig Personen bequem sitzen konnten. Das Alter dieser Bäume ward auf dreitausend Jahre geschätzt.

Es mögen diese Beispiele genügen, um zu zeigen, daß das Alter der Bäume eigentlich ein unbegrenztes ist, sofern die Verhältnisse zum fernern Leben gegeben. Nur die Ungunst äußerer Verhältnisse, wie Sturm oder Mangel an Nahrung, ungünstige Bodenverhältnisse ꝛc., setzen der Vegetation des Baumes im Allgemeinen ein frühes Ziel. In unseren Waldungen wird durch dichten Standort dem Baume von Nachbarn die ihm nöthige Nahrung genommen. Unsere Obstbäume werden oft an für sie durchaus ungeeigneten Lokalitäten erzogen, oder es bedingt ein schädlicher Untergrund den frühen Tod, oder der Baum ist durch die Veredlung an und für sich weniger dauerhaft, oder es werden ihm durch Menschenhand oder Sturm schädliche Wunden geschlagen, von denen aus sich Fäulniß und Verderbniß über den ganzen Baum verbreitet. Setzen wir aber den Fall, daß alle äußeren Verhältnisse dem ferneren Leben des Baumes günstig seien, daß der Boden ihm fortwährend zweckmäßige Nahrung bieten würde, so erscheint der Lebensdauer desselben durchaus kein bestimmtes Ziel gesetzt, sondern nur Zufälligkeiten bedingen im Laufe der Zeit seinen Tod.

Betrachten wir nun aber die Pflanze noch in Betreff ihrer einzelnen Theile, so behält sie nur sehr selten während ihrer ganzen Lebensdauer alle ihre Organe bei. Die Blätter welken gemeiniglich in der Reihenfolge, in der sie sich entwickelten; Blüthen und Früchte werden abgeworfen, so daß das Individuum nur in seiner Achse oder in einem Theile seiner Achse fortlebt. Diesen Achsen, seien es nun Haupt- oder Nebenachsen, wird durch das Auftreten endständiger Blüthen in ihrem Spitzenwachsthume ein Ziel gesetzt, dagegen können dann seitliche Achsen das Holzgerüste fortsetzen.

Wir haben somit die Pflanze als ein Wesen kennen gelernt, dessen Anfangsbildungen in einer gewissen Zeit immer dem sichern Tod anheimfällt, das sich aber durch Bildung neuer Knospen an seinen jüngern Theilen immer wieder zu neuem Leben stärken und die ältesten nun im Innern des Stammes liegenden Theile der Achse mit jungem lebens-

Digitized by Google

kräftigem Holzstoff überziehen kann. Dabei kann das älteste Holz absterben, ja der Verwesung anheimfallen, so daß der Baum hohl wird.

Doch wenn wir auch die Lebensdauer des Baumes in dieser Beziehung unbegrenzt nannten, so muß dennoch jedes Pflanzenindividuum als durchaus abhängig von den äußeren Einflüssen und der unmittelbaren Umgebung, in das es gebannt, in einem kürzern oder längern Zeitraume seinem Tode entgegengehen und der Tod desselben bald aus der, bald aus jener Ursache erfolgen. Dazu kommt, daß mit dem höheren Alter die Reproduktionskraft oder die Energie des Wachsthums immer mehr erschlafft, die Ablagerungen von Holz geringer, die Bildung der Jahrestriebe schwächer wird und so äußere Einflüsse, das allmälige Absterben, viel leichter beschleunigen können. Dieses Letztere nennt man daher den natürlichen Tod der Pflanze. Jetzt fällt sie der Verwesung anheim und bildet durch dieselbe wieder neuen Nahrstoff für folgende Generationen.

Digitized by Google

Register.

A.

Abarten, constante, 415.
Abarten, Entstehung derselben, 414—415.
Abhärten von Pflanzen, 200.
Ablaktiren, 360—361.
Ableger, Vermehrung durch solche, 252—253.
Absäugen, 360—361.
Abwerfen der Rinde, 76.
Achene, 45.
Achsengebilde, 5—6.
Adventivknospe, 21.
Adventivknospen an absterbenden Stengeln, 323.
Adventivknospen auf Blättern, 322—323.
Adventivknospen, Hervorbildung derselben, 251.
Adventivknospen, Mittel zu deren Hervorbildung, 326.
Adventivknospen von selbstständiger Entwickelung, 251—252, 320—323.
Aehre, 24.
Aeste, Niederbeugen derselben zur Beförderung der Fruchtbarkeit, 255.
Ackerpflanzen, 161.
Agrikulturchemie, 111.
Alaunerde als Mengtheil des Bodens, 146.
Albumen, 48.
Albumin, 92.
Algen, einzellige, deren Stellung, 300.
Alkalihaltige Heideerde, 164.
Alkalien, 118.
Alkalipflanzen, 161—162.
Alkalische Erden, 121.
Alkalische Salze als Düngemittel, 162.
Alkaloide, 90—91.
Aluminium, 157.
Ammoniak, 116.
Ammoniak als Nahrstoff, 126.
Ammoniak, Bildung desselben bei Verwesung, 126.
Ammoniak, Fixirung desselben, 126.
Ammoniak, kohlensaures, 127.
Ammoniaksalze, 116.
Ammoniak, salzsaures, 127.
Ammoniak, schwefelsaures, 127.
Ammoniak, Verbindung desselben mit Bodensäuren, 127.
Amyloid, 84.
Amylon, 85.
Ananasfrucht, 47.
Anatropes Ei, 43.
Anlagerung, 56.
Anorganische Bodenbestandtheile, unrichtige Ansichten über solche, 158.
Anorganische Düngemittel, Liebig's Ansicht, 149—150.
Anorganische Stoffe, 83, 117.
Anorganische Stoffe, deren Wichtigkeit fürs Pflanzenleben, 117, 122, 123.
Anorganische Stoffe, Menge derselben in der Pflanze, 117.
Anplatten, 361.
Ansichten über Lebenskraft, 97.
Anthere, 35, 36.
Antheridien der Algen, 68.
Antheridien der Farren, 387.
Antheridien der Moose, 394.
Antheridien der Moose und Lebermoose, 69.
Anthochan, 89.
Anthoxanthin, 89.
Apfelfrucht, 47.
Apothecium, 69.
Appposition, 56.
Arabin, 87.
Archegonien der Farren, 388.
Archegonien der Moose, 394.
Archegonien der Selaginellen, 391, 392.
Arillus, 48.
Arten, Jordan's Ansicht über solche, 416.
Asche der Pflanzen, deren Analyse, 118.
Aschentheile, 117.
Assimilirte Stoffe, 84.
Athemhöhle, 63.
Athmungsprozeß der Blätter, 206—231.
Athmungsprozeß, Geschichtliches über Versuche deßhalb, 206—207.
Athmungsprozeß nicht grüner Pflanzen und der Pilze, 224.
Athmungsprozeß, Verhalten desselben im Licht und Dunkeln, 207.

Digitized by Google

Atropin, 91.
Aufsäften in Baumschulen ꝛc., 257.
Aufbau der Gattungen, Familien und des Pflanzenreichs, 109.
Aufbau der Pflanze aus Zellen, 106.
Aufnahme der Nahrungsstoffe, 112.
Aufnahme der wässerigen Nahrung durch die Wurzel, 170—171.
Aufnahme von Kohlensäure und Abgabe von Sauerstoff in gegenseitiger Beziehung, 211—212.
Aufnahme von Nahrung durch die Wurzel, 129—130.
Aufspringen der Antheren, 37.
Aufspringende Früchte, 44, 45, 293.
Auffrieren junger Pflanzen, 275.
Auswahl von Stoffen durch die Wurzel, 189—191.
Aeugeln, 363—365.
Ausknelpen der Spitzentriebe, 236.
Ausläufer, 9.
Außenkelch, 29.
Aeußere Rindenschicht, 74.
Aussaaten, 226.
Ausscheidung von Stoffen durch die Wurzel, 191—194.

B.

Balg, 32.
Balgkapsel, 44.
Balgpelze, 32.
Bälglein, 32.
Balsam, 88.
Bandblume, 34.
Basaltboden, 147.
Bastarde als Ursache der zahlreichen Formen von Kulturpflanzen, 414—417.
Bastard, Befruchtung desselben mit andern als den Stammarten, 413.
Bastardbefruchtung, Rückwirkung auf Frucht und Samen, 407—408.
Bastardbefruchtung, Wichtigkeit derselben für Gartenbau, 417—418.
Bastard, Beständigkeit desselben, 411.
Bastarde, Geschichtliches darüber, 404.
Bastard, meist unfruchtbar im Pollen, 409 bis 410.
Bastard, eine Mittelform, 408—409.
Bastarde, künstliche Erziehung derselben, 403.
Bastarde von Pflanzen, deren Bedeutung, 404—418.
Bastarde zwischen Gattungen und Arten, 405.
Bastard, Ueberführung desselben zu den Stammarten, 412—413.
Bastschicht, 11, 74, 75.
Basttheil, 64, 65.
Bastzellen, 51.
Bau der Anthere, 80—81.
Bau der Blattorgane, 78.
Bau der Blumenblätter, 80.
Bau der blüthenlosen Zellenpflanzen, 66.
Bau der Drüsen, 72, 73.
Bau der drüsenartigen Haare, 73.
Bau der Flechten, 66.
Bau der Lebermoose, 66.
Bau der Luftwurzel, 78.
Bau der Moose, 66.
Bau der Oberhaut oder Epidermis, 71.
Bau der Pilze, 66.
Bau der Rinde der Monocotyledonen, 77.
Bau der Spaltöffnungen, 73.
Bau der Staubfäden, 80.
Bau der Wurzel, 78.
Bau des Blattes, 79—80.
Bau des Connectivs, 80.
Bau des Farrenstammes, 78.
Bau des Grasstengels, 76.
Bau des Markes der Monocotyledonen, 77.
Bau des Palmenstammes, 76.
Bau des Pollenkornes, 82.
Bau des Stammes, 73.
Bau des Stammes der Dicotyledonen, 73—76.
Bau des Stammes der Nadelhölzer, 76.
Bau des Stammes der Monocotyledonen, 76.
Bau, innerer der Pflanzen, 53.
Baum, 10.
Baumwachs, 355.
Bäume, alte, Umpfropfen derselben, 256.
Beere, 47.
Befruchtung der Coniferen, 382—385.
Befruchtung der Farrenkräuter und Schachtalme, 386—388.
Befruchtung der Moose und Lebermoose, 394.
Befruchtung der Selaginellen und Wurzelfarren, 388.
Befruchtung, Einfluß der Insekten darauf, 399.
Befruchtung, Einfluß von Licht und Luft und Wasser, 397—398.
Befruchtung, Eigenheiten der Wasserpflanzen zu deren Erleichterung, 400.
Befruchtung, Einwirkung von Luftströmungen, 400.
Befruchtung, günstigste Zeit zu solcher, 402 bis 403.
Befruchtung, künstliche, 401—403.
Befruchtung, natürliche Einrichtungen zu deren Erleichterung, 398—401.
Befruchtungstheorien, geschichtliche Darstellung, 372—376.
Befruchtungstheorie, Meyens Ansicht, 380.
Befruchtungstheorie nach Hofmeister, 378 bis 380.
Befruchtungstheorie nach Schleiden und Schacht, 378, 381—382.
Befruchtungstheorie, widerlegte Ansichten, 374—375.

Digitized by Google

Begriff der Pflanze, 4.
Behandlung der Pflanzen je nach den Vegetationsperioden, 262.
Begriff der Pflanzenart, 108.
Bekleidung des Blattes, 19.
Beobachtungen über Aufnahme von Gasen, 209.
Bergkrystall, 121.
Bernstein, 88.
Beschatten, Einfluß desselben auf Vegetation. 204.
Beschneiden der Pflanzen, 253.
Bewegung der Blätter des **Hedysarum gyrans**, 298.
Bewegung der Rankenpflanzen, 295—296.
Bewegungen der Sporen der Algen, 300.
Bewegungen in Folge des Wachsthums, 294.
Bewegungen lebender Pflanzen, 293—300.
Bewegungen todter und absterbender Pflanzentheile, 292—293.
Bewegungserscheinungen, 292—300.
Bewurzelung des Stecklings, dessen Ursache, 318.
Bildung und Entstehung des Pollens, 81.
Bildung von Zellen, 95.
Bildungssaft, 233.
Binsenhalm, 9.
Biologische Schule, 97.
Bittererde, 120.
Bittererdemetall, 120.
Blase, 21.
Blatt, 12.
Blattartiger Ast, 11.
Blattfläche, 14, 16.
Blatt, Form desselben, 16.
Blatt, gestieltes, 18.
Blattgrün, 88, 89.
Blatthäutchen, 14.
Blattscheide, 14.
Blattstecklinge, 351—353.
Blattstecklinge mit Achselknospe, 352—353.
Blatt, Stellungsverhältnisse desselben, 12 bis 13.
Blattstiel, 14, 15.
Blattstielblatt, 14.
Blatt, Theile desselben, 14.
Blatt- und Blüthenknospen, deren Hervorbildung, 265.
Blattwirtel, 12.
Blätter, Aufnahme von Wasser, 205—206.
Blätter, buntfarbige, 284—285.
Blätter, deren Einfluß auf Holzbildung, 248.
Blätter, deren Funktionen, 194.
Blätter, Fall derselben, 224.
Blätter, Masse des durch dieselben verdunsteten Wassers, 196.
Blätter, nehmen dieselben wässerige Nahrung auf, 171—173.
Blätter, Theilung derselben, 305.
Blätter, Volumengehalt derselben an Luft, 195.
Blumenblätter, 33.
Blumen, gefüllte, verschiedene Entstehung derselben, 305—306.
Blumenkrone, 32.
Blumenkronenartiger Kelch, 29.
Blumenkronenartiges Perigon, 32.
Blumen, künstliche Mittel, um solche hervorzurufen, 266.
Blumen, Oeffnen und Schließen derselben, 298.
Blumen- und Fruchtbildung, Endzweck der Vegetation, 265.
Blühen, verfrühtes einjähriger Pflanzen, 263.
Blüthe, 22.
Blüthenachse, 28.
Blüthenbildung der Zwiebelgewächse, 265 bis 266.
Blüthenbildung, künstliche Einwirkung auf frühzeitiges Erscheinen, 265.
Blüthenblattkreise und deren Stellung, 27.
Blüthenboden, 25.
Blüthenhäufchen, 27.
Blüthenhülle, 29, 30, 32.
Blüthenkopf, 25.
Blüthenknospen, Verkümmerung derselben durch unzweckmäßige Behandlung, 266.
Blüthenspelzen, 32.
Blüthenstand, 23.
Blüthenstand, gemischter, 26.
Blüthenstaub, 35.
Blüthenstiel, 9.
Blüthenstiel und Blüthenstielchen, 23.
Blüthenspindel, 23.
Blüthen- und Blattknospen, gehen solche in einander über, 266.
Boden, Drainiren desselben, 143.
Boden, Eigenschaften desselben zur Kultur, 146, 148.
Boden, Einfluß desselben auf Bildung von Faserwurzeln, 174.
Boden, Einfluß desselben auf Güte der Produkte, 162.
Boden, Erschöpfung desselben durch Düngerpulver, 169.
Boden, Erschöpfung desselben durch Kultur, 169.
Boden, in seiner Beziehung zur Ernährung der Pflanze, 139.
Boden, Lockern desselben, 143.
Bodenmischungen, für besondere Pflanzen, 157.
Borkenschicht, 74, 76.
Borste, 32.
Brachwirthschaft, 150.
Brand, 254.
Brennhaare, deren Bau, 73.
Brom, 155.

Digitized by Google

Brutkügelchen, 71.
Brutzwiebel, 8.
Büchse, 52, 70.

C.

(C), 83.
Cacteen, deren Lebensverhältnisse, 197—199.
Calcium, 119.
Callusbildung des Stecklings, 234, 335.
Cambium, 233.
Campylotropes-Ei, 42.
Campylotropes-Ei, 42.
Carpellarblätter, 38.
Caryopse, 45.
Casein, 92.
Cassavamehl, 281.
Cellulose, 84.
Centrifugaler oder begrenzter Blüthenstand, 25.
Centripetaler oder unbegrenzter Blüthenstand, 23.
Chalaza, 42.
Chemische Atome, 97.
Chilisalpeter, 153.
Chinin, 91.
Chlor, 119.
Chlor als Bodenbestandtheil, 154.
Chlorkalium, 119.
Chlornatrium, 119.
Chlorophyll, 88, 89.
Cipos, 183.
Colenchym, 81.
Collodium für Stecklinge, 345—346.
Connectiv, 36.
Consistenz des Blattes, 18.
Copaivabalsam, 88.
Corpusculum, 384, 385.
Cotyledonen, 49.
Cryptogamen, 51.
Cuscuta-Arten, 183.
Cuticula, 71.
Cytoblast, 92.

D.

Dammerde, 142.
Dauer des Blattes, 18.
Deckblatt, 20, 23.
Deckel, 70.
Demidoff's Preisfrage, 314—315.
Dextrin, 86.
Diachym, 79.
Diamant, 115.
Dicotyledonen, 49.
Dolde, 24.
Doldentraube, 24.
Doppelachene, 47.
Doppelkelch, 29.
Dorn, 20.
Drupa, 44.
Drüsen und Drüsenhaare des Blattes, 19.
Duft, 279.
Dünger, alkalischer, 153.
Düngung, 149.
Düngung für Gartenbau, 151.
Düngung für Landbau, 150.
Düngung, starke, der jungen Pflanzen, wirkt auf vermehrte Aufnahme aus der Luft und Boden, 168—169.
Düngung, stickstoffhaltige, 152.

E.

Edelreis, Schneiden und Konserviren desselben, 356—357.
Ei, 40, 42.
Ei, Bildung desselben, 376—377.
Ei, dessen Bau, 83.
Ei, geradläufiges, 42.
Eigenschaften des abgedunsteten Wassers, 196.
Eigenwärme des Stammes, 288—289.
Eihüllen, 377.
Eikern, 83.
Eimund, 42.
Eimund der Coniferen, 383.
Einblättrige Blumenkrone, 34.
Einfache Grundstoffe und deren Eigenschaften, 113.
Einfacher Stempel, 38, 39.
Einfächrige Anthere, 36.
Einjährige Pflanzen, durch Stecklinge fortgepflanzt, 310.
Einkarpellige Früchte, 44.
Einleitung, allgemeine, 3.
Einzellige Pflanzen, 54, 66, 67.
Eisen, 121.
Eisen als Bodenbestandtheil, 155.
Eisenoxyd, 114, 121.
Eisenoxydul, 156.
Eisenoxydul, schwefelsaures, 121.
Eisenvitriol, 121, 156.
Eiweiß, 50.
Eiweißkörper, 48.
Elementarorgane, 5, 53.
Embryo, 48.
Embryosack, Entstehung desselben, 377.
Embryoträger, 385.
Endocarp, 43.
Endosmose, 129.
Endosmose erklärt die Kraft des aufsteigenden Saftes, 240.
Entstehung des Blattstiels, 79.
Entstehung und Wachsthum der appendiculären oder Anhangsorgane, 79.
Entstehung und Wachsthum des Blattes, 79.
Entwickelungsgeschichte unseres Erdballes, 109—111.
Epicarp, 43.
Epigynische Blumenkrone, 28.

Digitized by Google

Epiphyten, 165, 176.
Epiphyten, welche Bodennahrung bedürfen, 179.
Epiphyten, welche keine Bodennahrung bedürfen und Ernährung derselben, 180.
Erdbeere, 47.
Erde für Epiphyten, 180.
Erdmischung, verschiedene für Camellien, 164.
Ernährung, Ansichten von Schulz, 169.
Ernährung der epiphytischen Orchideen, 177.
Ernährung der Pflanzen, 111.
Ernährung, geschichtliches über die verschiedenen Ansichten, 165—170.
Ersticken im Saft, 358.
Exosmose, 130.
Extractivstoffe, 91.

F.

Fachspaltige Kapsel, 46.
Faden des Staubfadens, 35.
Fächer der Anthere, 36.
Fahne, 34.
Farbe, grüne, Entstehung derselben, 285.
Farbenbildung, 282—288.
Farbenreihe, cyanische, 90.
Farbenreihe, xanthinische, 90.
Farbstoffe, 89.
Färbung der Blumen, Umbildung und Beständigkeit derselben, 286—287.
Färbung des Blattes, 18.
Färbung, Umänderung derselben durch Erde und Guß, 287—288.
Farren, 52.
Farrenstamm, 10.
Farrenstamm, Wachsthum, Holz und Wurzelbildung desselben, 249.
Federharz, 88.
Federharzbaum, 281.
Fehlschlagen der Blüthenwirtel, 28.
Filzgewebe, 62.
Feuerstein, 121.
Fibrin, 92.
Flügel, 34.
Flügelfrucht, 47.
Fluor, 155.
Flußwasser, als Träger von Nährstoffen, 134—135.
Foville, 374.
Formen, beständige, 314—315.
Formen der Antheren, 36—37.
Formen des Embryo, 50.
Formen des Kohls, 304.
Formen mit hängenden Aesten, 303.
Fortpflanzung der einzelligen Pilze und Algen, 67.
Fortpflanzung der Fadenpilze u. Fadenalgen, 67.
Fortpflanzung der Flechten, 69.
Fortpflanzung der höhern Algen, 68.
Fortpflanzung der höhern Pilze, 68.
Fortpflanzung durch Keimzellen und Brutkörner, 316—317.
Fortpflanzung, geschlechtliche, Formen derselben, 309.
Fortpflanzung, geschlechtliche, Geschichtliches darüber, 372—374.
Fortpflanzung, geschlechtliche, Vortheile und Eigenschaften derselben, 310—311.
Fortpflanzung im Allgemeinen, 308—309.
Fortpflanzungsorgane der Lebermoose, 70, 71.
Fortpflanzungsorgane der Moose, 69.
Fortpflanzung, ungeschlechtliche, bedingt diese Ausarten der Form, 313—314.
Fortpflanzung, ungeschlechtliche, bedingt diese begrenzte Dauer der Generationen, 314 bis 316.
Fortpflanzung, ungeschlechtliche, Formen derselben, 308.
Fortpflanzung, ungeschlechtliche, Formen derselben durch Knospen und Stecklinge, 318 bis 319.
Fortpflanzung, ungeschlechtliche, Vorzüge und Eigenheiten derselben, 311—318.
Freie Zellbildung, 103.
Frucht, 43.
Fruchtaugen, Vertheilung derselben, 256.
Fruchtblätter, 38.
Fruchtblätter, deren Bau, 82.
Fruchtanlagen der Moose und Lebermoose, 69, 70.
Fruchtkapsel, 52.
Fruchtkapseln der Selaginellen, 388.
Fruchtgehäuse, 43.
Fruchthäufchen, 53.
Frucht, Klappen derselben, 46.
Fruchtknoten, 39.
Fruchtschaale, 43.
Früchte, mehrkarrellige, 45.
Früchte, nichtaufspringende, 44, 47.
Frühlingsblumen, schnelle Entwickelung derselben, 261.

G.

Gallen, 301.
Gefäßbündel, 64.
Gefäßbündel des Monocotyledonenstammes, deren Anordnung und Verlauf, 77.
Gefäßbündel, geschlossene, 65, 76.
Gefäßbündel, nachwachsende, 65, 73.
Gefäßbündel, sproßende, 65, 78.
Gefäßbündelsystem, 65.
Gefäßbündel, succedane, 65, 73.
Gefäßbündel, ungeschlossene, 65.
Gefäße, 55.
Gefäße, eigene, 60, 64, 65.
Gefäße, getüpfelte, 60.

Digitized by Google

Gefäße, Saftführung derselben, 236—237.
Gefäße und deren Formen, 59—61.
Gefäßpflanzen, 55.
Geinsäure, 145.
Gelbsucht, 284.
Gemüse, zarte, durch unterdrückte Verdunstung, 205.
Gerbsäure, 90.
Geruch der Blumen, 396.
Geschlechtsindividuum, 108.
Geschlechtsorgane, deren Reife, 396.
Gewächshauspflanzen schließen sich in ihrer Vegetationsperiode der ihres Heimatlandes an, 272—273.
Gewebe, 61.
Glas, 121.
Gliederschote, 46.
Glockenförmige Blume, 34.
Granne, 31.
Grasährchen, 24.
Grasblüthe, 31.
Griffel, 39.
Griffel, Bewegung desselben, 298.
Griffelkanal, 39, 82.
Größe der Zellen, 55.
Gründüngung, 150.
Guano, 152.
Gummi, 86, 278.
Gummi arabicum, 87.
Gummigänge, 64.
Gutta-Percha, 88, 281.
Gyps, 120, 154.

H.

(H), 83.
Haare, Entstehung und Formen derselben, 72.
Haarkrone, 30, 45.
Haftwurzel, 7.
Hagelfleck, 42.
Halbunterständiger Fruchtknoten, 28.
Halm, 9.
Haltbarkeit des Holzes, 56.
Hängefrucht, 47.
Harz, 87, 88.
Harzgänge, 64.
Hauptwurzel, 6.
Heideerde, verschiedene Güte derselben, 142, 164.
Heideerdepflanzen und deren verschiedenes Verhalten, 163—164.
Helm, 30.
Herbstwitterung bedingt Fruchtbarkeit der Bäume, 267.
Herstellung der in den Wurzeln kranken Pflanzen, 191.
Hervorbildung der Pflanzen aus einer Zelle, 96.
Himbeere, 44.
Holz, dauerhafteres, je nach dem Standort, 204.
Holzerde, 165.
Holzfaser, 84.
Holzkörper der Gefäßbündel, 64.
Holz oder Holzkörper, 11.
Holzreife, 264.
Holzstamm, 10.
Holz- und Fruchtreife schneller herbeizuführen, 264.
Holzzellen, 56.
Honiggefäße, 33.
Honigthau, 278—279.
Hornspäne, 152.
Hülle, 24, 25.
Hülse, 44.
Humus als Pflanzennahrung, 142—146.
Humus, Eigenschaften desselben, 143.
Humus, Einfluß desselben auf Vegetation, 159—160.
Humusextrakt, 145.
Humuskohle, 145.
Humusliebende Pflanzen, 161.
Humuspflanzen, 163.
Humus, reichster an Alkalien, 165.
Humusschichten, Entstehung derselben, 140 bis 142.
Humussaure Salze, 145.
Humussäure, 145.
Humus, unverdauliche Formen desselben, 144.
Humus, Verbesserung desselben, 146.
Humin, 145.
Huminsäure, 145.
Huminsäure und Humusextrakt als Nahrstoffe, 168.
Huminsäuren als Träger von Ammoniakverbindungen, 145.

J.

Jahresring, 11, 75.
Jahresringe bestimmen das Alter des Baumes, 75.
Jnwonderabele Uratome, 98.
Jndigo, 89.
Jndividualität, 315—316.
Jndividuum, 107.
Jndividuum, Begriff desselben, 107.
Jnduſium, 53.
Jnnere Rindenschicht, 74.
Jnterzellulargänge, 61, 63.
Jnterzellulargänge vermitteln den Athmungsprozeß, 208—209.
Jnterzellularsubstanz, 62.
Jntine, 82.
Jntussusception, 56.
Jnulin, 87.
Jod, 155.

Digitized by Google

K.

Kali, 118.
Kalihaltige Gesteine als Mengtheil des Bodens, 147.
Kalimetall, 119.
Kalisalze als Düngemittel, 154.
Kalium, 119.
Kalk, 119.
Kalk als Bodenbestandtheil, 154.
Kalk als Mengtheil des Bodens, 147.
Kalk, kohlensaurer, 119.
Kalk, phosphorsaurer, 120.
Kalk, schwefelsaurer, 120.
Kalkerde, 121, 154.
Kalkpflanzen, 160.
Kalkstein, 154.
Kalkstet, 119.
Kapsel, 45.
Kapsel, wandspaltige, 46.
Kartoffelpilz, 67.
Kätzchen, 24.
Kautschuk, 88.
Kautschuk, dessen Bereitung, 281.
Keimbläschen, 378.
Keimbläschen der Farren, 388.
Keimen des Embryo, 50—51.
Keimen der Farren, 386.
Keimen der Selaginellen, 390—392.
Keimende Pflanzen beziehen die Nahrung zur ersten Entwickelung aus dem Samen, 175.
Keimkörner, 52, 53.
Keimling, 48.
Keimmund, 42.
Keimsack, Entstehung desselben, 377.
Keimzelle, 67.
Keimzellenhäufchen, 68.
Kelch, 28.
Kelchartiges Perigon, 30.
Kern, 92.
Kernchen, 92.
Kernfäule, 253.
Kernhaut des Eies, 376.
Kernkörperchen, 92.
Kernwarze, 376.
Kiel, 34.
Kieselerde, 121.
Kieselerde im Boden, 155.
Kieselerdepflanzen, 161.
Kirschgummi, 87.
Klammerwurzel, 7.
Klappen der Blumenröhre, 34.
Kleesäure, 90.
Kletterpflanze, 10.
Knallgas, 115.
Knochenmehl, 152.
Knochensteine, 155.
Knolle, 9.
Knollenbildung von Cyclamen, 7.
Knollen, Beeinträchtigung derselben durch Abschneiden des Krautes, 267.
Knollenstock, 9.
Knollenzwiebel, 325.
Knospe, 21.
Knospe als Organ der Fortpflanzung, 317 bis 324.
Knospe, Formen derselben, 319—320.
Knospenbildung, 264.
Knospenbildung an Wurzeln der Perennien, 329.
Knospenblattlage, 22.
Knospen, deren Einfluß auf Holzbildung, 248, 250.
Knospenindividuum, 108.
Knospenkern, 22.
Knospen, selbstständige an Blättern und Stengeln, Mittel auf Ausbildung derselben hinzuwirken, 329—331.
Knospen, selbstständige Entwickelung an Ausläufern und Knollen, 323—324.
Knospen, Stellung derselben, 320.
Knoten, 7, 9.
Knotengebilde, deren Eigenschaften, 250.
Kochsalz, 119.
Kohle, Eigenschaft derselben, 116.
Kohlenpulver für Stecklinge, 344—345, 346.
Kohlensäure, 90, 116.
Kohlensäure als Mengtheil der Luft, 124.
Kohlensäure als Nahrstoff, 124.
Kohlensaures Ammoniak, 116.
Kohlensäureaufnahme durch nicht grüne Pflanzen, 224.
Kohlensäure, Aufnahme und Abgabe derselben durch die Blätter in quantitativer Beziehung, 209—211.
Kohlensäure, Aufnahnahme derselben im Lichte, 207—219.
Kohlensäure, Einfluß eines Zusatzes derselben zur Luft auf die Pflanze, 213.
Kohlensäure, Form, in der sie in die Pflanze übertritt, 125.
Kohlensäuregehalt der Luft, Verminderung desselben durch die Pflanze, 210—211.
Kohlensaures Gas, 116.
Kohlensäure, Versuche über Aufnahme derselben, 210.
Kohlensäure, Verwendung der aufgenommenen, 212—215, 245.
Kohlenstoff, 83, 115—116.
Kolben, 24.
Komposidünger, 149.
Kopuliren, 360.
Koprolithen, 155.
Körbchen, 25.
Korkschicht, 74, 75.

Digitized by Google

Kornfrucht, 45.
Kräfte der einfachen, die Pflanze bildenden Stoffe, 94.
Kranke Wurzeln in ihrer Beziehung zur Aufnahme, 191.
Kreide, 154.
Krummläufiges Ei, 42.
Krystalle, 90, 91.
Kugelkapsel, 388.
Kuhbaum, 281.
Kulturboden, Entstehung desselben, 140.
Kultur der **Dionæa, Sarrecenia etc.**, 134.
Kultur der grüngefärbten Parasiten, 187.
Kultur der Kokospalme, 136.
Kultur der Orobanchen, 185.
Kultur, Einfluß derselben auf Füllung der Blumen, 307.
Kürbisfrucht, 47.

L.

Lager oder Thallus, 5.
Lagerpflanzen, 52.
Längenverhältniß der Staubfäden, 38.
Lathræa squamaria, 186.
Laub, 52.
Lauberde, 143, 146.
Lebenserscheinungen in der Pflanzenwelt, 94.
Lebenskraft, 94—100.
Lebenskraft, Einfluß derselben auf Saftbewegung, 242—243.
Lebensverrichtung der Zelle in Verbindung mit andern Zellen, 105.
Lehmboden, 147.
Leim, 92.
Licht, Einwirkung desselben auf Farbenbildung, 282—284.
Lichtentwickelung, 291—292.
Lippenblume, 34.
Lodicula, 32.
Loranthus-Arten, deren Befestigung und Keimen, 182.
Luft als Träger von Nahrstoffen, 138.
Luftbewegung und Luftströmung, 228 bis 229.
Luft, deren Einfluß aufs Pflanzenleben, 137.
Luft, deren Herstellung durch die Pflanze, 125.
Luft, deren Veränderung durch lebende Pflanzen, 230.
Luft, deren Zusammensetzung, 137.
Luftdüngung für Epiphyten, 180.
Luftkanäle, 63.
Luft, trockne und feuchte, in ihrer Beziehung zur Pflanze, 139.
Luftnahrung und die auf solche gesetzte hohen Erträge der Tropenländer, 170.
Lüftung, 227.
Lüftungseinrichtungen, 228.
Luftwurzel, 7.
Luftwurzeln, Aufnahme von Nahrung durch dieselben, 176, 178.
Luftwurzeln, Eindringen derselben in den Boden, 179.
Luftwurzeln ohne Wurzelhülle, 179.
Lycopodiaceen, 52.

M.

Magnesium, 119, 120.
Magnesium als Bodenbestandtheil, 154.
Magnium, 120.
Mangan, 157.
Mangokwurzel, 281.
Manna, 279.
Mark oder Markkörper, 11.
Markscheide, 11, 75.
Markschicht, 73.
Markstrahlen, 74.
Maserknollenbildung der Tannen, 301—302.
Mauerförmiges Gewebe, 61.
Maulbeere, 47.
Meerwasser, Bestandtheile desselben, 136.
Mehrwirtelige Fruchtblätter, 42.
Membranstoff, 84.
Merenchym, 61.
Mergel, 154, 157.
Mesocarp, 43.
Mesophyll, 79.
Metallkalk, 119.
Micropyle, 42, 48.
Milchsaft, dessen Bedeutung, Strömung und Zusammensetzung, 279—281.
Milchsäfte, giftige, 280—281
Milchsaftgefäße, 60, 64.
Mischlinge, 405.
Mistel, deren Befestigung und Schaden, 181, 182.
Mittelständige Plazenten, 41.
Mittelstock, 6.
Mißbildungen, 300—307.
Mißbildungen durch Insekten, 301.
Mißbildungen, erbliche, 302.
Moder, 144.
Monocotyledonen, 49.
Monocotyledonenstamm, Wachsthum, Holz- und Wurzelbildung desselben, 248—249.
Monotropa Hypopytis, 187.
Monstrositäten, 300—307.
Moose, 52
Moosstengel, 9.
Morphologie, 5.
Morphologie des Blattes, 19.
Mündungsbesatz der Moosfrucht, 70.
Mutterkuchen, 40.
Mütze, 70.

N.

(N), 83.
Nabel, 48.

Digitized by Google

Nabelstrang, 48.
Nacktsamige Pflanzen, 40.
Nackte Blumen, 31.
Nackte Samen, 47.
Naht, 48.
Nagel des Blumenblattes, 33.
Nährkraft junger Pflanzentheile, 93.
Nahrungsstoffe, die von den Flüssen fortgeführt werden, 135.
Nahrstoffe, gehen dieselben nur in flüssiger Gestalt in die Pflanze über, 128.
Nahrungssaft, roher, 231.
Narbe, 39.
Narbe, deren Bau, 82.
Natrium, 119.
Natron, 118.
Natronmetall, 119.
Natronsalze als Düngemittel, 154.
Nebenachsen von Hauptachsen verschieden, 251.
Nebenblatt, 15.
Nebenwurzel, 6.
Nectarabsonderungen, 278.
Nectarabsonderung in ihrer Beziehung zur Befruchtung, 395.
Nectarien, 33.
Nerven und deren Vertheilung im Blatt, 16.
Netzfaserzellen, 59.
Netzförmiges Gefäß, 59.
Nuß, 45.

O.

(O), 83.
Oberfläche des Blattes, 19.
Oberhaut, 71.
Oberhäutchen, 71.
Oberständiger Fruchtknoten, 28.
Obstbäume, Schnitt derselben, 256.
Oelbehälter, 88.
Oelbereitung, 88.
Oele, ätherische, 87, 88.
Oele aus Pflanzen, 88
Oele, fette, 87, 88.
Okuliren, 363—365.
Okuliren aufs schlafende Auge, 364.
Okuliren mit beholztem Schild, 365.
Orangenfrucht, 47.
Organe der Cryptogamen, 51.
Organe, welche den Austausch der Gase vermitteln, 208—209.
Organe der Pflanze, 5.
Organe, welche die Säfte führen, 236—238.
Organische Stoffe, 83, 94.
Organische Verbindungen, 113.
Originäre Zellbildung, 95.
Orobanche-Arten, deren Befestigung und Lebensweise, 184.
Orobanchen, Entwickelungsgeschichte derselben, 185, 186.
Orthotropes Ei, 42.
Oxalsäure, 90.
Oxyde, 114.

P.

Palmenstamm, 9, 11.
Papillen, 72.
Pappus, 45.
Parasiten, grüngefärbte, 186—187.
Parasiten und deren Ernährung, 181.
Parenchym, 61.
Parenchym, langgestrecktes, 61.
Parenchym, unregelmäßiges, 61.
Pelorien, 28.
Perigon, 30.
Perigynische Blüthenhüllen, 28.
Periode der Fruchtreife und Vorbildung von Knospen, 263—267.
Perioden der Vorwelt, 110—111.
Pfahlwurzel, 6.
Pflanzenanatomie, 53.
Pflanze, bedarf dieselbe keiner organischen Stoffe, 166.
Pflanzen, die keines Humus bedürfen, 159 bis 160.
Pflanzen, ein- und zweijährige, kräftig zu erziehen, 263.
Pflanzengallerte, 85.
Pflanzenhygrometer, 293.
Pflanzen, immerblühende, 270.
Pflanzen, lebendig gebärende, 321—323.
Pflanze, lebt dieselbe nur von anorganischen Stoffen und Luft, und Versuche darüber, 166—168.
Pflanzensäuren, 90.
Pflanzenschleim, 85, 92.
Pflanzenseele, 99.
Pflanzen, verschiedenes Verhalten derselben, bezüglich der Ernährung, 158—159.
Pflanzen, verschiedenes Verhalten derselben in Bezug auf Ernährung, 166.
Pfropfen durch Anlegen, 362—363.
Pfropfen in den Spalt, 361—362.
Pfropfen in die Rinde, 363.
Pfropfen in die Seite, 362—363.
Pfropfen mit beholztem Schild, 363—365.
Pfropfpfanne, 356.
Phanerogamen, 51.
Phosphor, 120.
Phosphorpflanzen, 162.
Phosphorsäure, 120.
Phosphorsäure als Bodenbestandtheil, 154.
Phosphorsaurer Kalk, Gehalt desselben im Dünger, 155.
Physikalische Schule, 97.
Physiologie der Gewächse, 94.
Pistill, 38.
Platin, dessen Eigenschaften, 115.

Digitized by Google

Platte des Blumenblattes, 33.
Plazenta, 40.
Plazenten, deren Bau, 82.
Pleurenchym, 62.
Pollen, 35.
Pollenkorn, Schlauchbildung desselben, 375.
Pollen, Dauer der Fruchtbarkeit desselben, 403.
Pollenmassen, 82.
Pollenmutterzelle, 81.
Polyembryonie, 380.
Ponderabele Uratome, 98.
Poröse Gefäße, 60.
Poröse Zellen, 57.
Porzellanerde, 157.
Pottasche, 118.
Primordialschlauch, 93.
Proembryo, 386.
Prosenchym, 62.
Proteinverbindungen, 92.
Proteinverbindungen, deren Einwirkung auf Bildung von Stoffen, 244.
Protoplasma, 93, 102, 103.
Prothallium, 386.
Pudermehl, 278.
Pulverartige Pollenmassen, 82.

Q.

Quarz, 121.
Quellsatzsäure, 145.
Quellsäure, 145.
Quellwasser, dessen Einfluß auf Pflanzenkultur, 134.
Quellwasser, kohlensäurehaltiges für Pflanzenkultur, 134.
Quellwasser, Verbesserung desselben für Pflanzenkultur, 134, 135.

R.

Rachenblume, 34.
Radicula, 49.
Radförmige Blume, 34.
Rafflesia Arnoldi, 187.
Ranke, 11, 20.
Rankenpflanze, 10.
Raphiden, 91.
Raseneisenstein, 156.
Regelmäßige Blume, 27.
Regenwasser, vortheilhafte Eigenschaften desselben, 136—137.
Regenwasser, Gehalt desselben an Salpetersäure und Ammoniak, 136.
Reif, 279.
Reinlichkeit in Gewächshäusern, 229.
Reizbarkeit einzelner Pflanzen, 299—300.
Reservenahrung, Vorbildung derselben, 267 bis 269.
Respiration, 206.
Rhaphe, 48.
Richtung der Pflanzen nach dem Licht, 295.
Richtung von Stengel und Wurzel, deren Ursachen, 294—295.
Riesenblume, 187.
Rinde, 11.
Rindenschicht, 73, 75.
Ring, 53, 70.
Ringfaserzellen, 58.
Ringel, dessen Befestigung und Schaden, 183.
Ringelschnitt, 233.
Ringgefäß, 59.
Rispe, 24.
Rosenfrucht, 47.
Rosette des Embryos der Coniferen, 385.
Rosenkranzförmige Gefäße, 60.
Rost, 114, 121.
Rotationsströmung, 93, 105.
Rückläufiges Ei, 43.
Ruheperiode, allen Pflanzen nothwendig, 259.
Ruheperiode der Pflanzen anderer Länder, 269—270.
Ruheperiode und Vegetationszeit, konstantes Verhalten derselben unter veränderten Einflüssen, 270—273.
Ruheperiode, Ursache derselben, 268.
Ruheperiode, Verschiedenheit derselben je nach den Pflanzen, 268—269.
Ruhezeit, 267—269.

S.

Saft, Assimilation desselben, 243—245.
Saft, Aufsteigen desselben nach der Saftperiode, 240—242.
Saft, Aufsteigen desselben zur Trieberiode, 238—240.
Saft, Aufsteigen durch Haarröhrchenkraft, 242.
Saftfäden, 69.
Saft, Kraft, mit welcher derselbe aufsteigt, 238—239.
Saftperiode, 260—261.
Saft, seitliche Bewegung desselben, 235.
Saftstrom, Weg, den derselbe nimmt, 231 bis 236.
Saft, Vertheilung des aufgenommenen, 231.
Saft, Zurückströmen desselben in der Rinde, 232—234.
Sago, 77.
Salep, 85.
Salmiak, 27.
Salpeter, 116, 122.
Salpetersäure, 116, 122.
Salze, 90, 91.
Salze, salpetersaure als Nahrungsstoffe, 126.
Salzpflanzen, 165.
Samara, 47.
Same, 48.
Samenbildung ohne Befruchtung, 418—419.

Digitized by Google

Samendüngung nach Bach, 193.
Samendüngung von Bickes, 169.
Samen, Einfluß desselben auf Füllung der Blumen, 306—307.
Samenfadenzellen, 69.
Samenfadenzellen der Algen, 68.
Samenfadenzellen der Moose und Lebermoose, 69.
Samenfadenzellen der Selaginellen, 391.
Samenkern, 48.
Samenknospe, 42.
Samenknospe, Bildung derselben, 376—377.
Samenlappen, 49.
Samenmantel, 48.
Samen, Nachreife derselben, 267.
Samenreife, 267.
Samenschaale, 48.
Sand als Mengtheil des Bodens, 147.
Sand, für Stecklinge, 344.
Sandpflanzen, 160.
Sattelschäften, 361.
Sauerstoff, 83, 113—114.
Sauerstoff als Nahrstoff, 123.
Sauerstoffaufnahme bei Dunkelheit und zerstreutem Licht, 220—221.
Sauerstoff, Aufnahme desselben, 219—225.
Sauerstoffaufnahme überhaupt und im Verhältniß zur Abgabe von Kohlensäure, 219—220.
Sauerstoffaufnahme, Folgen fortdauernder, 223.
Sauerstoffaufnahme ist kein Oxydationsprozeß, 221—222, 225.
Sauerstoffaufnahme je nach Vegetationsperiode und Pflanzen, 220.
Sauerstoffausscheidung ist ein Akt des Lebens, 215.
Sauerstoffentziehung bewirkt den Tod der Pflanze, 222.
Sauerstoff, vermehrt die Pflanze den Gehalt der atmosphärischen Luft desselben, 212, 214.
Sauerstoff, Verwendung des aufgenommenen, 221.
Sauerstoff, Verwendung desselben in der Pflanze, 212.
Sauerstoff, woher nimmt die Pflanze den durch die Blätter ausgeschiedenen, 214, 215.
Saure Humuspflanzen, 163.
Säuren, 114.
Schaale des Pollenkorns, 82.
Schaalfrucht, 45.
Schaft, 9, 27.
Scheibenförmiger Blüthenstand, 26.
Scheide der Lebermoose, 71.
Scheidenblatt, 15
Scheidenwand, Bildung derselben zwischen Zellen, 62.
Scheidewasser, 122.
Scheindolde, 26.
Scheinknolle, 9.
Schiffchen, 34.
Schlaf der Pflanzen, 296—298.
Schlauch, 21, 30.
Schlauchbildung des Pollenkorns, 82.
Schleierchen, 53.
Schleuderer, 71.
Schließfrüchtchen, 45.
Schlinggewächse, parasitische, 183.
Schlingpflanze, 10.
Schlund, 34.
Schmarotzer, 165, 176.
Schmetterlingsblüthe, 34.
Schnitt, Ausführung desselben, 253—254.
Schnitt, Ausführung desselben je nach Vegetationszeit, 275.
Schnitt beim Verpflanzen von Bäumen, 257 bis 258.
Schnitt der Ableger, 331.
Schnitt zur Beförderung von Blumen und Fruchtbildung, 255.
Schnitt zur Formbildung, 254—255.
Schote, 46.
Schülfern, Entstehung derselben, 72.
Schuppen, Entstehung derselben, 72.
Schuppenförmige Blätter, 20.
Schuppenwurz, deren Lebensweise, 186.
Schwefel, 119.
Schwefel als Bodenbestandtheil, 154.
Schwefelregen, 400.
Schwefelsäure, 114, 119.
Scorpionartiger Blüthenstand, 25.
Seitlicher Griffel, 41.
Sekrete, Bildung derselben, 278—282.
Sekretionsbehälter, 278.
Sekundäre Erzeugung, 95.
Sekundäre Zellmembranen, 57.
Setzlinge, Anzucht derselben, 226—227.
Sinnpflanze, Reizbarkeit derselben, 299 bis 300.
Sitzendes Blatt, 18.
Soda, 118.
Solanin, 91.
Spaltfrucht, 47.
Spaltöffnungen, 63.
Spaltöffnungen, deren Funktionen, 195.
Spaltöffnungen der Proteaceen, 342—343.
Spaltöffnungen vermitteln den Athmungsprozeß, 208.
Spaltöffnungen, Vorkommen derselben, 72.
Spiralfaden, 69.
Spiralfadenzellen der Farren, 387.
Spiralfaserzellen, 58.
Spiralgefäß, 59.
Spiralige Drehung in Folge des Wachsthums, 296.

*

Digitized by Google

Splint, 11, 56.
Splintschicht, 74.
Sporn, 29, 35, 52, 54.
Sporen, große und kleine der Selaginellen, 388.
Sporenfrüchte der Selaginellen, 388.
Sporenmutterzellen, 68.
Sporenschläuche, 68.
Spreublättchen, 25.
Stachel, 11.
Staminodien, 38.
Stamm, 8, 9.
Stämme, niederliegende, Holz- und Wurzelbildung derselben, 249—250.
Standort, sonniger, schattiger, freier, 204, 226
Stärkemehl, 85.
Stärkemehlkörner, Form und Bildung derselben, 85—86.
Stärkezucker, 87.
Staubbeutel, 35.
Staubfäden, 35.
Staubfäden, Bewegung derselben, 298.
Steckholz, Fortpflanzung durch solches, 252.
Steckling, Anwendung von Wärmegraden, 338.
Steckling, Aufnahme der Nahrung durch Schnittfläche und Callus, 343.
Steckling, dessen Bewurzelung, 252—253, 334—336.
Steckling, Erde, Sand, Kohle als Material, in welches derselbe gesenkt wird, 344—345.
Steckling, Erhaltung desselben bis zur Wurzelbildung, 348—350.
Steckling, Ernährung desselben bis zur Callus- oder Wurzelbildung, 343.
Steckling, Schnitt desselben, 339—340.
Steckling, sogleich in die Erde zu bringen oder zuvor antrocknen zu lassen, 341—342.
Steckling, soll demselben das unterste Blatt gelassen werden, 340.
Steckling, von in den Topf gepflanzten Sträuchern, 337.
Steckling, Wahl desselben, 336—338.
Steckling, Zeit zum Schneiden derselben, 337.
Stecklinge, Beete, Häuser, Glocken für solche, 348—349.
Stecklinge, Bodentemperatur für solche, 348.
Stecklinge, Füllung von Näpfen und Zuleitung von Wasser, 350—351.
Stecklinge in Wasser, 343.
Stecklinge, sorgfältige Entfernung alles Faulen, 350.
Stecklinge, Umgebung der Schnittfläche derselben mit Gummi, Collodium, Kohle ꝛc., 345—347.
Stecklingsglocken, 349.
Steinfrucht, 44.
Stellung der Staubfäden, 37.
Stempel, 38.
Stempel, dessen Bau, 82.
Stengel, 6.
Stengel, monströse, 304.
Stengelchen, 49.
Stengelparasiten, 181.
Stengel und dessen Formen und Nebenorgane, 7, 9.
Steppenpflanzen, 165.
Sternförmige Zellen, 54.
Sternförmiges Gewebe, 64.
Stickgas, woher stammt das von der Pflanze ausgeschiedene und in den Interzellulargängen enthaltene, 216, 217.
Stickstoff, 83, 116—117.
Stickstoff als Nahrstoff, 125.
Stickstoff, Form, in der derselbe in die Pflanze übertritt, 127.
Stickstoff, vermag die Pflanze den der Luft zu fixiren, 217—219.
Stickstofffreie Verbindungen, 83.
Stickstoffgehalt unserer Nahrmittel, 117.
Stickstoffhaltige Stoffe, 92.
Stickstoffhaltige Verbindungen, 84.
Stickstoff in verdaulicher Form, 152.
Stickstoff, können die Pflanzen denselben aus der Luft entnehmen, 138—139.
Stickstoffliebende Pflanzen, 161.
Stickstoffverbindungen als Nahrungstheile, 117.
Stickstoff, verschiedener Verbrauch desselben von der Pflanze, 127.
Stock, 8
Stockerde, 165.
Stockſprosse, 8.
Stoffwechsel ist Folge der Lebenskraft, 224 bis 225.
Storax, 88.
Storchschnabelfrucht, 47.
Strauch, 10.
Strauchstamm, 10
Strauß, 24.
Strömung des Zellsaftes, 93, 104
Stylodien, 40.
Sumpfpflanzen, 165.
Sumpfwasser, Bestandtheile und Verbesserung desselben, 136.

T.

Talcium, 120.
Talk, 120.
Talkerde, 154.
Talkerde, kohlensaure, 120.
Tellerförmige Blume, 34
Terpentinöl, 88.
Thalluspflanzen, 52.

Digitized by Google

Thätigkeit der Zelle als abgeschlossener Organismus, 104.
Theilung des Blattes, 17.
Theer als Baumsalbe, 254.
Thonboden, sandiger, 147.
Thonerde als Mengtheil des Bodens, 146 bis 147.
Thonerde, reine, 157.
Tillandsien, deren Ernährung, 188, 189.
Tod der Pflanze, 420—422.
Tod der Pflanze durch ungleiche Temperaturen, 203.
Torferde, 144.
Torfpflanzen, 163.
Träger des Staubfadens, 35.
Traube, 24.
Traubenzucker, 87.
Treiberei abgeschnittener Zweige, 240.
Treiberei der Zwiebeln, 276.
Treiberei, Vorbereitung der Pflanze dazu, 275—277.
Trockne Luft, 229.
Trugdolde, 25.
Tüpfel, 60.
Tüpfelzellen, 58
Tute, 15.

U.

Ulmin, 145.
Ulminsäure, 145.
Umbildung des Blattes zum Fruchtblatt, 39—40.
Umgewendetes Ei, 43.
Unregelmäßige Blume, 27.
Unterständiger Fruchtknoten, 28.
Unvollständige Blume, 27.
Uratome, 98.
Urerzeugung, 95—96, 103.
Urgebirgspflanzen, 161.
Urmutterzellen des Pollens, 81.
Urschleim, 95.

V.

Vegetation, Belebung derselben durch Wasser, 131—133.
Vegetation, Einfluß derselben auf Regenmenge, 131.
Vegetation, Einfluß derselben auf Wärme, 133—134.
Vegetationsperioden eingewanderter Pflanzen in Madeira, 271—272.
Vegetationsperiode, künstliches Verändern derselben, 273, 275—277.
Vegetationspunkt, 246.
Vegetationszustand, dessen Einfluß auf Farbenbildung, 284.
Veränderung der Eigenschaften einfacher Stoffe in Verbindungen, 120, 122.
Veräftelung, 10.
Veräftelung, seitliche, 250—252.
Verband bei Veredlungen, 355—356.
Verbindung der Zellen zum Gewebe, 61—64.
Verbindungen, in welchen die Stoffe in die Pflanze übertreten, 122.
Verbreitung der Pflanzen, 292.
Verbreitung der Pflanzen je nach Lokalitäten, 159.
Verbrennen junger Blätter, 199.
Verdoppelung der Blüthenwirtel, 28.
Verdunstung der Cacteen, 197, 198.
Verdunstung durch die ganze Oberfläche, 199.
Verdunstung, Einfluß derselben auf Saftbewegung, 241—242.
Verdunstung, Einfluß des Baues der Spaltöffnungen und der Oberhaut auf dieselbe, 197.
Verdunstung, Einfluß von Luft und Licht auf solche, 201—202.
Verdunstung, Einfluß von Wärme auf solche, 202—203.
Verdunstungsprozeß, 196.
Verdunstung, unter normalen Verhältnissen, 203.
Verdunstung, verschiedene je nach den Vegetationsperioden, 200—201.
Veredlungen, 353—372.
Veredlungen, allgemeine Regeln, 354—360.
Veredlung, Behandlung nach dem Veredeln, 357—358.
Veredlungen, Anwendung der verschiedenen, je nach Zeit, Pflanzen ꝛc., 365—367.
Veredlungen auf Wurzeln, 366, 368
Veredlungen der Coniferen, 368.
Veredlung, Einfluß auf frühern Tod, 371.
Veredlung, Einfluß auf vollkommenere Fruchtbildung, 369
Veredlung, Einfluß des Wildlings auf Geschmack der Früchte, 371.
Veredlung, Einfluß des Wildlings auf größere Härte, 371.
Veredlung, Erhaltung des Edelreises bis zum Anwachsen, 355.
Veredlungen, gegenseitiger Einfluß von Wildling und Edelreis auf einander, 369 bis 372.
Veredlungen im Winter, 366.
Veredlung immergrüner Pflanzen, 357.
Veredlungen, Lösen des Verbandes, 358.
Veredlung, schnelle Ausführung, 355.
Veredlung, Rückwirkung des Edelreises auf Wildling, 371—372.
Veredlungen, verschiedene Methoden, 360 bis 372.
Veredlungen, Vortheile derselben, 353
Veredlungen, welcher Grad der Verwandtschaft ist zu solchen nothwendig, 367—369

Digitized by Google

Veredlung, Zeit zu solcher, 354—355.
Veredlung, zweckmäßigste Unterlagen, 372.
Verlängerung der Lebensdauer einjähriger Pflanzen, 263.
Vermehrung durch Absenker, 331—333.
Vermehrung durch Anhängetöpfe, 332.
Vermehrung durch beblätterte Stecklinge, 347—351.
Vermehrung durch Steckholz, 347.
Vermehrung durch Stecklinge, 333—353.
Vermehrung durch Stecklinge, deren Formen, 333.
Vermehrung durch Theilung, 328—329.
Vermehrung durch unterirdische Stengel und Knollen, 327—328.
Vermehrung durch Wurzelstücke, 326—327.
Verjüngung alter Bäume, 257.
Verpflanzen der Bäume, zweckmäßigste Zeit, 175.
Verpflanzen, Erhaltung der Faserwurzeln, 174—175.
Verpflanzen in Berücksichtigung der Vegetationsperiode, 273—275.
Versendung und Verpackung, 277—278.
Versuch Helmont's, 166.
Versuche Mulder's und Bousfingault's über Nährkraft des Humus, 167—168.
Versuch Schleidens über Ernährung, 168.
Versuche über Ernährung von **Duhamel, Saussure** u. a., 167—168.
Versuche über Urerzeugung, 103—104.
Verwachsung der Blüthenwirtel, 28.
Verwachsung der Fruchtblätter, 41.
Verwachsung der Staubfäden, 37.
Verwitterung, 121.
Verzärteln von Pflanzen, 200.
Vielblätterige Blumenkrone, 33.
Viscum album, 181.
Vollständige Blume, 27.
Vorkeim der Coniferen, 385.
Vorkeim der Farrenkräuter, 386.
Vorkeim der höheren Pflanzen, 379.
Vorweltliche Pflanzenvegetation, 109—110.

W.

Waard'sche Kästen, 230.
Wachen der Pflanzen, 296—298.
Wachs, 87, 88.
Wachsartige Pollenmassen, 82.
Wachsthum der Pflanze, 245—246.
Wachsthum durch Anlagerung neuer Holzschichten, 247—250.
Wachsthum im vollem Licht, 204.
Wachsthum, Mäßigen desselben durch Niederbeugen der Aeste, 235.
Wachsthum ohne Wurzel, 181, 187—188.
Wachsthum, Sitz desselben, oder Spitzenwachsthum, 246—247.
Wachsthumsperioden, 259—278, 261—263.
Wachsthumsperioden, jährliche, der Pflanzen unserer Zone, 260—269.
Wachsthumsperioden, tägliche, 259—260.
Walderde, 143.
Waldhumuspflanzen und deren verschiedenes Verhalten, 163—164.
Waldpflanzen, 161.
Wandständige Plazenten, 41.
Wärmeentwickelung, 288—291.
Wärmeentwickelung keimender Samen, 291.
Wärmeentwickelung von Blumen, 289—290.
Wärmeentwickelung von grünen Pflanzentheilen, 289.
Warzen, 73.
Wasser als Nahrstoff, 123, 130—137.
Wasser als Träger der Pflanzennahrung, 131.
Wasser, dessen Zerlegung, 115.
Wasser, dessen Zusammensetzung, 114.
Wasserausscheidung, 282.
Wasserleitungen, deren Einfluß auf Vegetation, 133.
Wasserpflanzen, 165.
Wasserschosse, 251.
Wasserstoff, 83, 114—115.
Wedel, 52.
Wechselwirthschaft, deren Vortheile, 193.
Weidepflanzen, 161.
Weingeist, Bildung desselben aus Zucker, 87.
Weinsteinsäure, 90.
Weizen, angebliche Entstehung desselben, 416—417.
Welt im Kleinen, 230—231.
Wiesenpflanzen, 161.
Wilde Reiser, Wegschneiden derselben, 358 bis 359.
Winterszeit, Einfluß derselben auf Gewächshauspflanzen, 227—228.
Witterung, feuchte, schädlicher Einfluß derselben, 204—205.
Wunden, Heilung derselben, 254.
Würfelsalpeter, 153.
Wurzelliste, 6.
Wurzelausscheidungen enthalten eine freie Säure, 194.
Wurzelausscheidungen, Versuche darüber, 194—195.
Wurzelbildung an theilweise durchbauenen Stämmen, 234—235.
Würzelchen, 49.
Wurzelexkremente, 194.
Wurzelfasern, 6.
Wurzelhaare, 6, 173.
Wurzelhals, 6.
Wurzelhäutchen, 173.
Wurzelhülle, Funktionen derselben, 177 bis 178.
Wurzeln, Beschneiden derselben, 258.

Digitized by Google

Wurzeln, deren Abzweigung vom Steckling, 335—336.
Wurzeln, Eintauchen derselben in Lehmwasser, 175.
Wurzeln, Fleischigwerden durch Kultur, 303—304.
Wurzelparasiten, 181, 184.
Wurzelschwämmchen, 173.
Wurzelspitze, 173.
Wurzelstock, 8.
Wurzel, Theile derselben, die die Aufnahme vermitteln, 173.
Wurzel und deren Formen, 6.

X.

Xanthophyll, 89.

Z.

Zahnung des Blattes, 17.
Zapfen, 24.
Zauberring, 233, 255.
Zellbildung durch Theilung, 100—102.
Zelle, 5, 54.
Zelle und deren Formen, 54.
Zellenbildung, 100.
Zellen der Ernährung, 106.
Zellen der Fortpflanzung, 106.
Zellen, deren Inhalt, 83.
Zellenleben, 100.
Zellgewebe, 53, 61.
Zellgewebe, leitendes, 82.
Zellkern, 92.
Zellmembran, Festigkeit derselben, 57.
Zellmembran und deren Bau, 55—56.
Zellmembran, Verdickung derselben, 57.
Zellpflanzen, 55.
Zellsaft, 63.
Zellstoff, 84.
Zentrale Plazenten, 41.
Zitronsäure, 90.
Zucker, 87.
Zusammengebogenes Ei, 42.
Zusammengesetzte Blätter, 17.
Zusammengesetzter Stempel, 38, 40.
Zwergformen, 302—303.
Zwiebel, 8, 22.
Zwiebel als Organ der Vermehrung, 324 bis 325.
Zwiebelknolle, 8.
Zwiebelknollen als Organ der Vermehrung, 328.
Zwiebelknospe, 22.
Zwiebelkuchen, 8.
Zwiebelstock, 8.
Zwischenknotenstück, 9.
Zwischenlagerung, 56.

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

UNIVERSITY OF CHICAGO
14 518 844

QK
495
.R33
Regel
Die Pflanze
und ihr Leben
652.87

FIFTH LEVEL

U of Chicago
14518844

Digitized by Google